This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

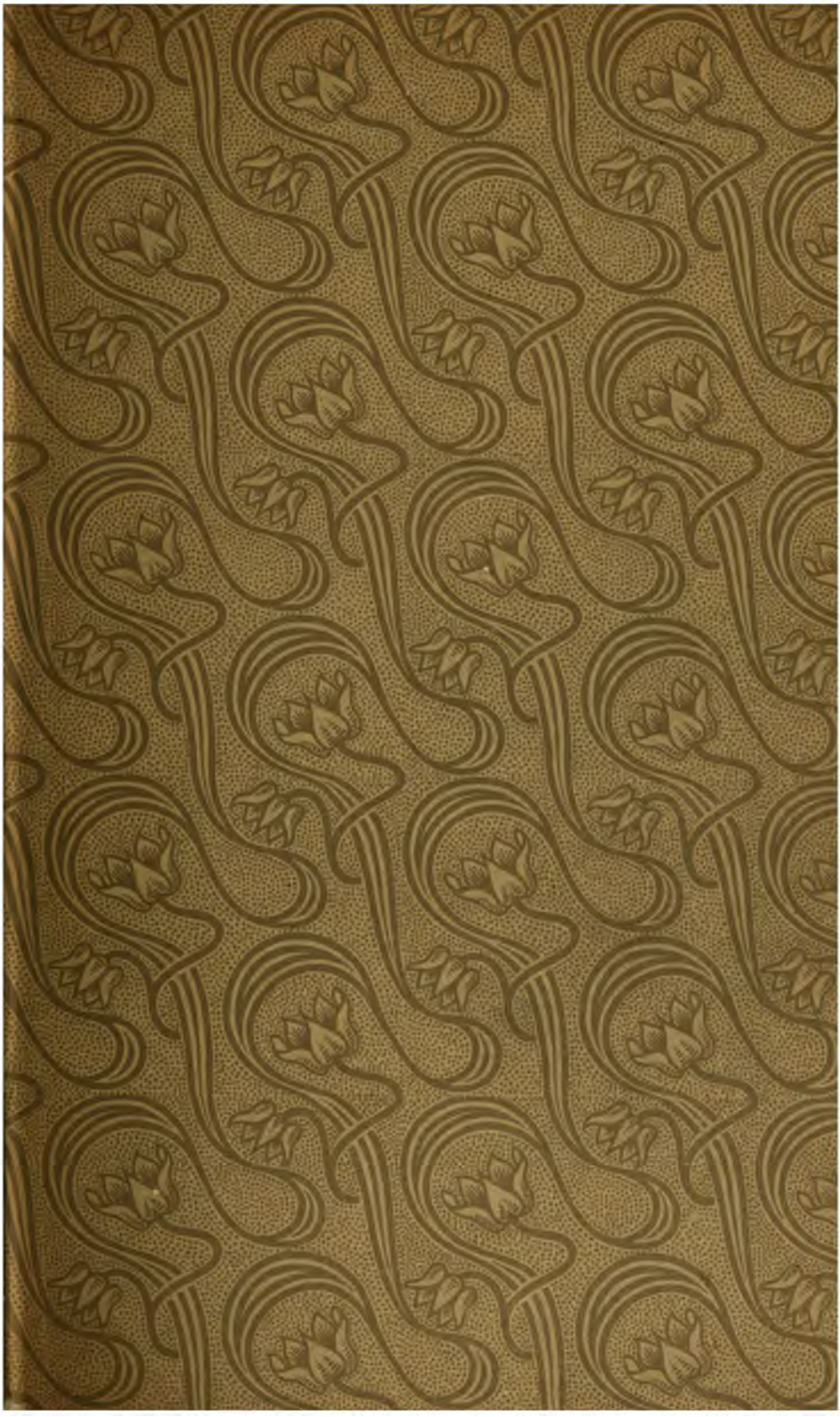
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Library
of the
University of Wisconsin



11/3 Wis.

Untersuchungsmethoden

der in der

Thonindustrie gebrauchten Materialien.

Alle Rechte, namentlich dasjenige der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Untersuchungsmethoden

der in der

Thonindustrie gebrauchten Materialien

mit besonderer Berücksichtigung der häufig auftretenden

Fabrikationsfehler,

deren Ursachen und Verhütung

von

Dr. M. Stoermer.

Zweite verbesserte Auflage von „Die Fehler bei der Thonwaren-Fabrikation und deren Abhilfe".

Mit 15 Abbildungen.

Freiberg in Sachsen.
Verlag von Craz & Gerlach (Joh. Stettner).
1902.

6126330

142825
JUN 3 1910
SDK
.ST7

Vorwort.

Das vorliegende kleine Werkchen erscheint hiermit in zweiter Auflage unter verändertem Titel, der dem Inhalt des Buches mehr entspricht, als der erste, da die Untersuchungsmethoden einen nicht unbeträchtlichen Teil des Werkes ausmachen. Eine Vermehrung des Stoffes hat nicht stattgefunden, sondern es wurden die Ungenauigkeiten, die sich in die erste Auflage durch ganz besondere Umstände eingeschlichen hatten, nach Möglichkeit vermindert.

Die häufig auftretenden Fabrikationsfehler, die Ursachen derselben werden eingehend besprochen, wobei die Wege zur Vermeidung der Fehler auf Grund von erhaltenen Resultaten der vom Verfasser im Chem. Laboratorium für Thonindustrie von Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, welchem Institut der Verfasser fast 7 Jahre als Vorstand angehört hat, und im eignen Laboratorium (Berlin S. W. 68, Ritterstraße 42/43) vorgenommenen Untersuchungen und Arbeiten angegeben werden. Dem Chemiker, Ingenieur und Laien, der sich der Thonindustrie widmen will, dürfte das Werk einen Einblick in die ihn erwartenden Arbeiten gewähren.

Aber auch Werkleiter, Meister und Fabrikbesitzer selbst finden darin vielleicht gewisse Punkte, die sie besonders interessieren und die dazu beitragen können, etwa vorhandene Übelstände abzuhelfen und Fehler zu vermeiden.

Der Verfasser ist sich wohl bewußt, nicht alle im Betriebe auftretenden Fehler nach Gebühr gewürdigt zu haben, da

sonst der Rahmen der kleinen Arbeit bedeutend überschritten worden wäre, eine Erweiterung der Kapitel über Fabrikationsfehler behält sich aber der Verfasser für später vor.

Bei der Kurzfassung des vorliegenden Stoffes waren Lücken nicht zu vermeiden, dennoch hofft der Verfasser, das Wesentlichste herausgegriffen zu haben, sodaß er wohl um günstige Aufnahme der Arbeit seitens der interessierten Kreise bitten darf.

Berlin, im Januar 1902.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Charakterisierung und Einteilung der Rohmaterialien . . 1
Entstehung der Thone und ihre Verunreinigungen 1
Vorkommen des Thones 3
Thongewinnung 4
Eigenschaften der Thone 6
Einteilung der Thone 13
Magerungs- und Flußmittel 15
Flußmittel 18

B. Untersuchung der Rohmaterialien und Wert der Untersuchungsmethoden in Anwendung auf die Technik 19
Chemische Untersuchung 19
Mechanische Prüfung 27
1. Schlämmanalyse 27
2. Brennproben 32
3. Schwindung und Porosität 35
4. Plastizitätsprüfung 36
5. Bindevermögen 37
6. Schmelzpunktbestimmung 38
7. Wirkung der Flußmittel 42
Ursachen allgemeiner technischer Fehler und Beseitigung derselben . 44
Ermittelung der Zuschläge zur Zerstörung des Gipses . . . 44
Verfärbungen beim Brennen 48
Schädliche Bestandteile in körniger Form: Kohlensaurer Kalk . . 50
Rissigwerden der Thone beim Trocknen 53
Sprödigkeit gebrannter Ware 53
Ungleichmäßiges Saugen beim Glasieren 53
Blindwerden der Glasur 57
Entglasen 58

C. Charakterisierung und Einteilung der Thonwaaren-Erzeugnisse 68
A. 1. Thonwaren mit nicht geschlossenem, saugendem Scherben 68
2. Feuerfeste Produkte 71
3. Antikes und Töpfergeschirr 71
4. Steingut — feine Fayence 73
B. Thonwaren mit dichtem Scherben 74
1. Klinker 74
2. Steinzeug 74
3. Porzellan 75

Seite

D. Thonverarbeitung 77
1. Herstellung von Ziegelwaren (nicht feuerfeste Produkte) . 77
2. Feuerfeste Waren 87
3. Töpfer-Geschirr 91
4. Steingut — feine Fayence 96
5. Klinker 99
6. Steinzeug 101
7. Porzellan 104

E. Besprechung jeder einzelnen Gruppe 109
a. Zusammensetzung des Scherbens 109
Ermittelung der Fehlerquelle bei unrichtig zusammengesetzten Scherben und Massen 118
b. Zusammenstellung der Engoben oder Begüsse . . 123
c. Zusammensetzung der Glasuren 128

Anhang 180
Über Prüfungen der gebrannten Waren 180

Sachregister 189

Berichtigungen:

Auf Seite 158, 6te Zeile von unten lies **Fällen** statt Füllen.
„ „ 172, 5te Zeile von unten lies **Steingutglasur** statt Porzellanglasur.

A. Charakterisierung und Einteilung der Rohmaterialien.

Die Thone, die einen wesentlichen Bestandtheil unserer jetzigen Erdkruste ausmachen,*) gehören nicht zu den Stoffen, die bei der anfänglichen Bildung der Erdoberfläche mitgewirkt haben, sondern sie sind erst nachträglich durch jahrtausendelange Einwirkung von Wasser und Luft (Sauerstoff- und Kohlensäure), Kälte und Wärme durch den sogenannten Verwitterungsprozeß aus gewissen Urgesteinen, die der Feldspathgruppe angehören, entstanden.

Entstehung der Thone und ihre Verunreinigungen.

Je nach der Art des Muttergesteines und den die Verwitterung begleitenden Umständen ist das Endprodukt der Verwitterung jene formbare Masse, die wir Thon nennen, mit gänzlich verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften ausgestattet; bei allen Materialien thoniger Art findet man jedoch in wechselndem Verhältnis: Kieselsäure, Thonerde und Wasser.

Wenn wir zunächst von den mechanischen Einflüssen, welche die Verwitterung beschleunigen oder die Reinheit des Endproduktes beeinflussen, absehen und nur den chemischen Vorgang als solchen betrachten, so erreicht der Zersetzungsprozeß des reinen Kalifeldspathes: K_2O, Al_2O_3, $6\,SiO_2$ in der Bildung des reinen Idealthones: Al_2O_3, $2\,SiO_2$, $2\,H_2O$ sein Ende, sobald unter dem Einfluß des sich immer erneuernden Wassers, der Kohlensäure und des Sauerstoffs der Luft unter Mitwirkung von Wärme und Kälte das Alkalisilikat zersetzt und mit einem Teil der noch weiter abspaltbaren Kieselsäure ausgelaugt ist. Unter Aufnahme von Wasser bleibt ein Körper zurück,

*) Seger's Ges. Schriften.

welcher der Formel: Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$ entspricht, und den wir als die reine Thonsubstanz zu betrachten haben.

Thone, die dieser Formel entsprechend zusammengesetzt und auf eine so vollständige Verwitterung des Feldspathes zurückzuführen sind, giebt es jedoch in der Natur nicht, und nur wenige kommen dieser Zusammensetzung nahe.

Zuweilen ist der Verwitterungsprozeß unterbrochen und die Thone enthalten noch unzersetzt gebliebene Bestandteile des Urgesteines, oder aber durch die mechanische Einwirkung des Wassers, welches in alle Spalten der Feldspathe eindringt und durch seine Krystallisationskraft beim Gefrieren die Zerklüftungen erweitert und das Gestein zersprengt, wird das Muttergestein in seinem Zusammenhange so stark gelockert, daß es durch Regen und Thauwasser die Gänge des Gebirges hinabgespült wird und auf seinem Wege thalabwärts einen natürlichen Schlämmprozeß durchläuft, hierbei mit fremden Stoffen in Berührung kommt und diese in sich aufnimmt. Diese in dem Thon verbliebenen unverwitterten oder in ihn hineingetragenen fremden Stoffe, welche Türrschmidt „Accessorien" nennt, verringern allemal den Wert des Thones.

Als solche verunreinigenden Begleitstoffe des Thones kommen vor: Feldspath- und Quarz-Trümmer, Sand, Glimmer, Hornblende, Schwefelkies, kohlensaurer Kalk, kohlen- und kieselsaure Magnesia, Marienglas, Gips, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Eisenkarbonate, Manganverbindungen, Kohle und pflanzliche Stoffe.

Zum Teil hat die Natur selbst dafür gesorgt, daß die mineralischen Begleitstoffe unter gewissen Bedingungen, z. B. durch Oxydation oder unter dem Einfluß des Wassers und der Kohlensäure wieder gelöst und durch den natürlichen Schlämmprozeß ausgewaschen und fortgeführt werden, z. T. ist es Sache der Aufbereitung der Thone, durch einen künstlichen Schlämmprozeß ein Produkt zu schaffen, welches der reinen Thonsubstanz möglichst nahe kommt und nur geringe Mengen fremder Stoffe enthält.

Die Verunreinigungen können so weit gehen, daß der thonige Charakter der Materialien verloren geht und z. B.

thoniger Quarzsand, thoniger Kalk (Mergel), thonhaltiger Eisenstein entsteht und Stoffe gebildet werden, die in ihren Eigenschaften von dem reinen Thon ganz und gar abweichen.

Vorkommen des Thones.

Der Thon findet sich, namentlich in seinen unreinen Arten, außerordentlich verbreitet in z. T. mächtigen Ablagerungen vor. Die reineren, auf der Stätte ihrer Entstehung lagernden Thone (primäre Thone), sind die selteneren; man findet sie im Urgebirge, aber auch in jüngeren feldspathführenden Felsarten. Viel häufiger jedoch sind Thone auf sekundärer und tertiärer Lagerstätte, von den Flüssen mit fortgeführt und in Thalmulden in großer Ausdehnung abgesetzt; ihre Bildung reicht hinauf bis in die jüngste Zeit;*) sie sind meist stark verunreinigt und ausnahmslos infolge des stattgehabten Schlämmprozesses durch die parallele Struktur gekennzeichnet.

Am meisten verbreitet ist der Töpferthon. Dieser findet sich überall im Flötzgebirge, besonders im Tertiären und Alluvium und in Gängen des Granits. Gewöhnlich wird derselbe in Begleitung von Braunkohlen regelmäßig geschichtet vorgefunden und mit denselben abgebaut.

Der mit kohlensaurem Kalk verunreinigte Töpferthon, der Thonmergel, findet sich in einem großen Teile Norddeutschlands, in Mecklenburg, in der Mark Brandenburg, in Hannover, Schleswig-Holstein, Ost-Preußen, Jütland, Schlesien, Böhmen, Mähren und am Harz.

Der schiefrige, dem Töpferthon nahestehende Thon von einem dünnen schiefrigen Gefüge, durch organische Bestandteile grau bis schwarz gefärbt, der Letten, findet sich weniger verbreitet im Steinkohlengebirge und in aufgeschwemmtem Lande an größeren Flüssen und Seeen und bildet hier oft die Unterlage der Torflager.

Der unreine und jüngste Thon, Lehm, Löß oder Ziegelthon, der meistens mit viel Sand vermengt vorkommt, findet sich ebenfalls in aufgeschwemmtem Lande als das Ergebnis

*) Kosmann, Über Thone in Torfmooren, Thonindustrie-Ztg. 1886. 10. 198.

früherer Anschwemmungen in Thälern, Mulden des Hügellandes. In ganz Norddeutscland bildet er mächtige Lager, die oft ganz oberflächlich liegen und direkt zu Tage treten.

Mit Quarzsand stark vermengt, geht er allmählich in thonigen Sand und Sandmergel, mit kohlensaurem Kalk vermischt in Mergel und Kalkmergel über.

Die schwer schmelzbaren, nur wenig gefärbten Thone sind ebenfalls durch Aufschwemmen entstanden. Sie finden sich hauptsächlich in Mitteldeutschland, in Sachsen bei Kolditz, im Thüringer Walde, in Bayern, in der Pfalz, in Hessen-Nassau, Vallendar und an anderen Orten am Rhein; außerdem kommen sie in Böhmen, Mähren, Schlesien, aber auch in den östlichen Provinzen unseres Vaterlandes vor, doch sind letztere noch sehr wenig bekannt.

In außerdeutschen Ländern finden sie sich hauptsächlich in England, Schottland, Frankreich, Belgien im südlichen Schweden und in Rußland. Es sind diese außerdeutschen Länder hier erwähnt, da Erzeugnisse derselben häufig mit deutschen Fabrikaten in Konkurrenz treten.

Die schwer schmelzbaren Kaoline oder Porzellanerden finden sich immer auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte und werden besonders in Sachsen bei Meißen, in Morl und Trotha bei Halle, in Zettlitz bei Karlsbad und in der Umgebung von Passau gefunden.

Die am schwersten schmelzbaren, stark mit Kohle versetzten Thonschiefer finden sich hauptsächlich bei Rakonitz in Böhmen, in Mähren und in Schlesien.

Thongewinnung.

Bevor man an die Ausbeutung eines Thonlagers geht, ist es nötig, die Ausdehnung und Mächtigkeit desselben kennen zu lernen, nachdem man sich durch Untersuchungen, die am zweckmäßigsten in einem Spezial-Laboratorium ausgeführt werden, von der Verwend- und Verwertbarkeit des Thones überzeugt hat.

Durch mehrfaches Anbohren des Lagers verschafft man sich diese Kenntnis und geht dann bei zufriedenstellenden Resultaten an die Abbauung des Thonlagers.

Der Abbau und die Förderung des Thones kann durch Tagebau oder Bergbau geschehen.

Ersterer wird entweder von oben oder von der Seite vorgenommen z. B. bei Bergabhängen. Die überstehende Erdschicht, der Abraum, wird weggeräumt und so gelegt, daß dieselbe später zum Ausfüllen der durch das Abstechen des Thones entstandenen Löcher und Gruben gegebenen Falles wieder benutzt werden kann.

Liegt das Thonlager oben, so kann dasselbe aufgepflügt und die so rasch losgelösten Schollen können je nach Bedarf fortgeschafft werden. Bei Gewinnung von Töpferthon für den Kleinbedarf werden nicht selten Kuhlen nebeneinander gelegt, die bei feststehenden Wänden so lange benutzt werden, als es das hinzutretende Tagewasser gestattet. Die Art der Thongewinnung geschieht jedoch unter bedeutender Thonvergeudung.

Der Bergbau wird z. B. im Kannenbäckerland unterirdisch auf folgende Weise betrieben: Man geht mit kreisrunden Schächten, welche mit Holzreifen ausgekleidet werden, bis auf Thon nieder und erweitert den Schacht hier trichterartig nach unten, so lange die Wandungen desselben zu halten versprechen.

Der gewonnene Thon wird nun in Kübeln mittelst Haspeln nach oben geschafft, unter Dach aufbewahrt, ausgetrocknet und zur Verarbeitung gegeben.

Mitunter gewinnt man den Thon durch Kammerbau.

Man zimmert einen Schacht bis zu 25 m Tiefe und baut von diesem aus allmählich weiter gehend eine Kammer von 3 bis 5 m Breite ab, die mit den notwendigen Zimmerungen nach allen Seiten hin versehen wird. Sehr fette Thone werden mittelst der Schrämm- und Schießarbeit gewonnen, doch ist der Erfolg des Schießens nur dann ein günstiger, wenn das Material hart genug oder gefroren ist. In neuerer Zeit gebraucht man zum Sprengen Roburit, mit welchem man gute Resultate erzielt hat.

Die abgesprengten oder abgegrabenen Schollen werden gewöhnlich mittelst auf Schienen gehenden Kippwagen zur Verladestelle oder auf den Arbeitsplatz gefahren.

Sehr häufig sammelt sich in den abgebauten Thongruben Wasser, welches, wenn es nicht durch Gräben abgeleitet werden kann, durch Schnecken, Becherwerke, Centrifugalpumpen oder Pulsometer gehoben und abgelassen wird. Gewöhnliche Kolbenpumpen sind, wegen des schnellen Verschleißes der Ventile, zur Entfernung des schlammigen Wassers ungeeignet. Am meisten zu empfehlen sind die Schnecken, bei welchen Verstopfungen und sonstige Betriebsstörungen am wenigsten vorkommen. Pulsometer erleiden zwar keine Betriebsstörungen, gebrauchen aber weit mehr Dampf bei gleichem Nutzeffekt.

Da wo nur zeitweise geringe Kraft erforderlich ist, bedient man sich der Windturbinen und Windräder.

[Von den „Vereinigten Werken: Köhler & Bovenkamp", in Barmen, wird eine gesetzlich geschützte Kettenpumpe fabriziert, die sich vorzüglich für dicke, schlammige Flüssigkeiten eignet.

Diese Pumpe bezw. die Kette derselben ist zerlegbar, sodaß bei einer etwaigen Betriebsstörung ein beschädigtes Glied leicht ausgewechselt werden kann, was bei anderen Systemen nicht möglich ist.]

Geht man beim Abbau des Thonlagers bis zur Sohle des Thones herunter, so zieht häufig das Wasser durch die darunter befindlichen Sand- und Kiesschichten ab; in diesem Falle spart man die gewöhnlich nicht unbedeutenden Kosten des Wasserschöpfens.

Eigenschaften der Thone.

Trotz der Verschiedenheit der Thonmassen besitzen dieselben doch gewisse, gemeinsame physikalische und chemische Eigenschaften *) Die gemeinsamen physikalischen Eigenschaften der Thone sind folgende:

1. Die Plastizität oder Bildsamkeit, d. h. die Fähigkeit der Thone einen knet- und formbaren Teig zu geben;

*) Thonindustrie-Ztg. Jahrg. 1877/78.

je nach dem Grad der Bildsamkeit unterscheidet man fette oder magere Thone.

Im engen Zusammenhange mit der Plastizität steht

2. das Bindevermögen der Thone; es ist dieses die Fähigkeit sich mit Magerungsmitteln zu einem homogenen Teig vermischen zu lassen; je größer die Bildsamkeit eines Thones ist, um so mehr kann er an Magermitteln in sich aufnehmen, ohne seine Formbarkeit zu verlieren.
3. Die Schwindung beim Trocknen und Brennen.
4. Das Anhaften an der Zunge im trocknen und schwach gebrannten Zustande.
5. Der eigentümliche Geruch, den man besonders wahrnimmt, wenn die Thonmasse mit Wasser befeuchtet wird.

Die Plastizität der Thone wird nach Seger*) nicht allein bedingt durch einen Gehalt an Thonsubstanz und ist nicht immer eine Eigentümlichkeit dieser Verbindung, sondern sie scheint hervorgerufen zu werden durch die mechanische Zerteilung, durch die Art der molekularen Anlagerung und die Form der kleinsten Thonpartikelchen, und ist vielleicht schon in der Struktur des Urgesteines begründet.

Durch eine Reihe von Analysen hat Seger nachgewiesen, daß die bekannten plastischen Thone des Rheinlandes nur unwesentlich in ihrer Zusammensetzung von der des Kaolins abweichen und trotzdem an Bildsamkeit den Kaolin bedeutend übertreffen. Es liegt daher wohl nahe anzunehmen, daß die physikalischen Eigenschaften der Thone z. B. bedingt werden durch die Anlagerung der einzelnen Moleküle und Atome untereinander. Sorgt man bei unplastischen kaolinartigen Materialien für eine sorgfältigste, feinste Zerteilung, z. B. durch anhaltendes Mahlen auf der Naßmühle, so erhält man ein Material, das bedeutend plastischer ist, als die direkt in Wasser aufgeweichte Masse.

Dennoch aber muß man als den Träger der Plastizität die Thonsubstanz bezeichnen, die durch die kugelförmige Gestalt auch das fettige Anfühlen der Thone hervorruft.**)

*) Thonindustrie-Ztg. 1877, Nr. 37.

**) T.-N. 9, 167 Aron: 11, 120.

Je bildsamer ein Thon ist, desto größer ist seine Fähigkeit Wasser aufzunehmen. Sehr fette Thone weichen in Wasser sehr schwer auf und geben ihren Wassergehalt beim Trocknen nur sehr langsam ab.

Plastische, fette Thone lassen sich schwierig pulvern und schlämmen und bilden in Thongruben häufig für Wasser undurchlässige Schichten.

Die weichen, teigförmigen Thonmassen geben ohne Schwierigkeit an der Luft Wasser ab, das zunächst an der Oberfläche verdunstet. Durch die zwischen den Thonklümpchen sich vorfindenden Räume tritt neuerdings Wasser an die Oberfläche, um dort zu verdunsten, was so lange vor sich geht, bis auch das letzte Wasser hinweggeht. Hierbei kommen die Thonkügelchen sich immer näher, die Poren werden kleiner und verschwinden schließlich ganz. Diese Verminderung des Volumens nennt man Schwindung, die um so grösser ist, je fetter und plastischer ein Thon ist.

Während des Trockenprozesses entweicht aber nur das hygroskopische Wasser, während das chemisch gebundene Wasser erst durch den Brennprozeß entfernt wird, wobei eine weitere Schwindung, die Feuerschwindung, zu beobachten ist.

Je nach der Höhe der Temperatur und der Zusammensetzung brennen die Thone mehr oder minder hart. Fette Thone brennen sich früher dicht als magere Thone, die lange porös bleiben. Die gebrannten Thonwaren lassen sich durch Wasser nicht mehr erweichen, sie verlieren ihre Plastizität und wirken nun wie die Magerungsmittel.

Die Färbung der gebrannten Thone ist, je nach ihrem Gehalt an Eisenverbindungen und ob sie oxydierend oder bis zur Ablagerung von Kohlenstoff in ihren Poren reduzierend gebrannt werden, weiß, gelblich, grau, gelb, rot, braun und schwarz. Bei niederer Temperatur schwarzbrennende Thone sind stark braunsteinhaltig, wie z. B. der Färbe- und Begußthon in der Umgebung von Gießen.

Je nach der chemischen Zusammensetzung der Thone ist das Verhalten derselben zu den Reagentien und in der Hitze verschieden.

Die Thone, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung der reinsten Thonsubstanz am meisten nähern, geben an verdünnte Salz- und Salpetersäure nur sehr wenig ab, sodaß die reine Thonsubstanz als in diesen Säuren unlöslich bezeichnet werden kann. Bei anhaltendem Kochen in Natron- oder Kali-Lauge löst sich dagegen die Thonsubstanz unter Bildung eines Doppelsilikates von Thonerde und Kali. Die gebrannten Thone dagegen werden von Kali oder Natronlauge nicht mehr gelöst und geben an Salz- und Salpetersäure nur sehr wenig ab; am leichtesten wird noch ein Teil des Eisens gelöst.

Kalkhaltige Thone brausen beim Übergießen mit Salz-, Salpeter- oder Essigsäure u. a. unter Entwickelung von Kohlensäure auf, wobei der Kalk in Lösung geht. Konzentrierte Schwefelsäure zerlegt den Thon, wobei Quarz, Kieselsäure und Feldspath abgeschieden werden.

Durch Flußsäure und Schwefelsäure wird der Thon ebenfalls zerlegt, indem die Kieselsäure als Kieselfluorwasserstoffsäure entweicht und die übrigen Bestandteile als schwefelsaure Salze zurückbleiben. Mit kohlensaurem Natron-Kali geschmolzen, geht sowohl der rohe, als auch der gebrannte Thon Verbindungen ein, die sich im Wasser lösen.

Im Feuer sind diejenigen Thone am schwersten schmelzbar, die sich in ihrer Zusammensetzung am meisten der Formel $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$ nähern, also die reinen Thonschiefer und die Kaoline, deren Schmelzpunkte zwischen den Segerkegeln 34 und 36 liegen. Nimmt der Sandgehalt bis zu einem gewissen Grade zu, so sinkt der Schmelzpunkt, und zwar um so schneller, je feiner die Korngröße des in dem Thone enthaltenen Sandes ist. Man kann also aus dem Sandgehalt nicht ohne Weiteres auf die Feuerfestigkeit des Materials schließen, sondern es ist nur möglich, dieselbe nach dem Ausfall des praktischen Versuches, der Feuerfestigkeitsprüfung nach Segerkegeln, zu beurteilen.

Je größer der Gehalt eines Thones zugleich an Feldspath, Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia und Alkalien ist, um so leichter schmilzt derselbe. Thone, die etwa 30% kohlensauren Kalk enthalten, schmelzen gewöhnlich schon bei Segerkegel 1 oder

einer Temperatur, die den Schmelzpunkt desselben wenig übersteigt.

Mit Verringerung der Flußmittel*) und der färbenden Oxyde steigt im allgemeinen der Schmelzpunkt, so daß die am wenigsten gefärbten Thone in der Regel auch die feuerfestesten sind; eine Ausnahme bilden die oben erwähnten stark kalkhaltigen Thone, die, obgleich sie rein weiß brennend sind, doch infolge ihres Kalkgehaltes früher schmelzen.

Die chemische Zusammensetzung der Thone ist eine sehr verschiedene, doch kann nach Brongniart angenommen werden, daß der Gehalt an Kieselsäure in den reineren Thonen zwischen 55 bis 75% und der Thonerdegehalt zwischen 35 bis 25% schwankt. Wie wohl es schwer ist, dafür Zutreffendes mit Sicherheit anzuführen, und nennenswerte Abweichungen nicht ausgeschlossen sind, kann man erwarten, daß von fremden Beimengungen in den Thonen bis 40% kohlensaurer Kalk, bis zu 20% Eisenoxyd, ferner Kali und Natron bis zu 5%, Schwefelkies bis zu 16%, Marienglas in stückiger Form bis zu 7,5%, Gips in feiner Verteilung bis zu 2% gefunden werden.

Diese mechanischen Beimengungen sind so lose im Thon vorhanden, daß sie sich ausschlämmen lassen oder als wasserlösliche Salze ausgelaugt werden können.

Wie schon hervorgehoben, nähern sich in ihrer chemischen Zusammensetzung der reinen Thonsubstanz die hochfeuerfesten Thonschiefer und die Kaoline.

Die Analyse hatte bei einigen hochfeuerfesten Thonschiefern ergeben:

	A		B	
Glühverlust	= 22.25 %	geglüht	23.7 %	geglüht
Kieselsäure	= 42.65 „	54.68 %	41.0 „	53.76 %
Thonerde	= 32.90 „	42.17 „	34.3 „	44.68 „
Eisenoxyd	= 1.30 „	1.65 „	0.94 „	1.22 „
Kalkerde	= —	—	—	—
Bittererde	= 0.09 „	0.10 „	0.24 „	0.31 „
Alkalien	= 1.10 „	1.40 „	0.21 „	0.28 „
	100.29 %	100.00 %	100.39 %	100.25 %

*) Thonindustrie-Ztg. Jahrg. 1895.

Seger analysierte eine ganze Reihe von Kaolinen, die folgende Zusammensetzung hatten:

	Kaolin von Ledez	Kaolin von Kottiken	Kaolin von Tremosna	Kaolin von Zettlitz	Kaolin von Lettin	Kaolin von Kaschkau
Glühverlust =	12.41 %	12.34 %	11.99 %	12 86 %	9.87 %	11.18 %
Kieselsäure =	49.19 „	49.91 „	49.48 „	46.82 „	57.08 „	56.72 „
Thonerde =	36.73 „	35.99 „	36.64 „	38.49 „	29.94 „	31.07 „
Eisenoxyd =	0.81 „	0.63 „	0.66 „	1.09 „	0.65 „	0.59 „
Kalkerde =	— „	— „	— „	— „	— „	—
Bittererde =	0.18 „	0.30 „	0.41 „	Spur „	0.29 „	0.22 „
Alkalien =	1.18 „	0.75 „	1.60 „	1.40 „	2.26 „	0.51 „
	100.50 %	99.92 %	100.78 %	100.66 %	100.29 %	100.29 %

Den Kaolinen nahe stehen in ihrer chemischen Zusammensetzung die bestfeuerfesten, hochplastischen Thone.

Einige Analysen, die vom Verfasser ausgeführt worden sind, sollen hier angegeben werden.

	Nass.-Thon	Pfälz.-Thon	Hess.-Thon	Vall.-Thon	
Glühverlust =	0.21 %	0.19 %	0.11 %	0.14 %	Gebrannt.
Kieselsäure =	59.15 „	56.03 „	54.10 „	62.35 „	
Thonerde =	35.61 „	37.22 „	40.35 „	31.58 „	
Eisenoxyd =	1.04 „	3.10 „	2.71 „	1.76 „	
Kalkerde =	0.36 „	—	0.97 „	0.84 „	
Bittererde =	0.33 „	0.30 „	0.20 „	0.29 „	
Alkalien =	3.46 „	3.32 „	1.45 „	3.40 „	
	100.16 %	100.16 %	99.89 %	100.36 %	

Thone der Westerwälder Thonindustrie. G. m. b. H.

	I.		III.		V.	
Glühverlust =	15.28 %	geglüht	15.81 %	geglüht	13.72 %	geglüht
Kieselsäure =	50.47 „	59.57 %	49.16 „	58.38 %	47.05 „	54.51 %
Thonerde =	32.63 „	38.51 „	33.48 „	39.77 „	37.69 „	43.67 „
Eisenoxyd =	1.39 „	1.63 „	0.88 „	1.04 „	1.30 „	1.50 „
Kalkerde =	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Bittererde =	0.02 „	0.02 „	0.11 „	0.13 „	0.04 „	0.04 „
Alkalien =	0.41 „	0.48 „	0.68 „	0.80 „	0.48 „	0.55 „
	100.20 %	100.21 %	100.12 %	100.12 %	100.28 %	100.27 %

Auf einer Zwischenstufe der feuerfesten Thone und der Töpferthone stehen die sogenannten Steingutthone und Stein-

zeugthone. Die ersteren sind gewöhnlich feuerfester als die letzteren.

Einige Analysen von guten deutschen Steingutthonen geben nach Seger folgende Zahlen:

	A.	B.	C.	D.
Glühverlust =	9.92 %	10.27 %	10.17 %	11.27 %
Kieselsäure =	62.16 „	65.89 „	63.11 „	56.14 „
Thonerde =	26.12 „	22.18 „	24.83 „	30.99 „
Kalkerde =	—	—	—	—
Eisenoxyd =	0.99 „	0.71 „	1.04 „	0.80 „
Bittererde =	0.39 „	0.37 „	0.32 „	0.27 „
Alkalien =	0.70 „	0.48 „	1.02 „	0.78 „
	100.28 %	99.90 %	100.49 %	100.25 %

Die rationelle Analyse der häufig zur Fabrikation von Steingut benutzten Thone von Halle und von Siershahn wurde vom Verfasser ermittelt zu:

	Thon von Halle	Thon von Siershahn
Quarz =	5.87 %	29.85 %
Feldspath =	0.40 „	1.19 „
Thon-Substanz =	93.73 „	68.96 „
	100.00 %	100.00 %

Steinzeugthone zeigten nach Analysen des Verfassers folgende Zusammensetzung:

	Gelblich		Blaugrau		Bräunlich	
Glühverlust =	6.66 %	geglüht	7.36 %	geglüht	10.91 %	geglüht
Kieselsäure =	71.62 „	76.75 %	70.02 „	75.61 %	57.36 „	64.40 %
Thonerde =	17.64 „	18.89 „	18.94 „	20.45 „	25.99 „	29.19 „
Eisenoxyd =	2.11 „	2.25 „	1.81 „	1.94 „	2.31 „	2.58 „
Kalkerde =	—	—	—	—	—	—
Bittererde =	0.05 „	0.05 „	0.02 „	0.02 „	1.04 „	1.15 „
Alkalien =	2.22 „	2.36 „	1.94 „	1.94 „	2.52 „	2.81 „
	100.30 %	100.30 %	100.09 %	99.96 %	100.13 %	100.13 %

Die chemische Zusammensetzung besserer Ziegel- und Töpferthone wurde von Seger wie folgt gefunden:

Thon v.	Rathenow	Bockhorn	Schwarzhütte
Glühverlust	= 8.28 %	5.30 %	(gebrannt.)
Kieselsäure	= 61.30 „	70.22 „	79.43 %
Thonerde	= 18.87 „	13.67 „	10.07 „
Eisenoxyd	= 6.66 „	6.80 „	5.35 „
Kalkerde	= 0.85 „	—	—
Bittererde	= 1.20 „	1.30 „	1.40 „
Alkalien	= 3.20 „	3.37 „	3.98 „
	100.36 %	100.66 %	100.23 %

Kalkreiche Thone zeigten folgende Zusammensetzung:

	Thon von Velten.	Thon von Birkenwerder.
Glühverlust	= 15.08 %	16.99 %
Kieselsäure	= 47.86 „	48.34 „
Thonerde	= 11.90 „	11.63 „
Eisenoxyd	= 5.18 „	4.59 „
Kalkerde	= 14.96 „	15.87 „
Bittererde	= 1.71 „	1.79 „
Alkalien	= 3.66 „	2.78 „
	100.35 %	101.99 %

Einteilung der Thone.

Die zur Herstellung von Thonwaren benutzten Rohmaterialien können eingeteilt werden:

1. In geologischer Hinsicht in:

   Thone auf primärer Lagerstätte, d. h. Thone, die am Orte ihrer Bildung auf dem Muttergestein gelagert sind und nur geringe Verunreinigungen enthalten, wie z. B. die Kaoline.

   Thone auf sekundärer Lagerstätte, d. h. Thone, die von ihrem Entstehungsorte durch Wasser weggeschwemmt und an anderen Stellen wieder abgesetzt sind. Diese Sedimentär-Thone enthalten naturgemäß mehr Verunreinigungen, als die Thone auf primärer Lagerstätte, sind aber plastischer als jene.

2. Nach ihrer Reinheit, d. h. nach dem mehr oder minder großen Gehalt an Verunreinigungen teilt Brongniart die Thone

mit Bezug auf ihr Verhalten im schärfsten Porzellanfeuer oder bei Schmiedeeisenschmelzhitze ein in

a) unschmelzbare,
b) schwerschmelzbare,
c) schmelzbare.

(Im Deville'schen Gebläseofen sind alle Thone schmelzbar.)

3. Seger teilt die Thone nach ihrer Brennfarbe ein in

a) thonerdereiche und eisenarme Thone; sie brennen weiß oder mit kaum merklicher Färbung,
b) thonerdereiche und mäßig eisenhaltige Thone; ihre Farbe geht durch blaßgelb bis zu lederbraun,
c) thonerdearme und eisenreiche Thone; die rotbrennenden Ziegelthone,
d) thonerdearme, eisen- und kalkreiche Thone; die gelbbrennenden Ziegelerden oder Mergel.

In die erste Gruppe gehören die Kaoline, sowie eine Anzahl plastischer Thone, Pfeifen- und Fayence-Thone besserer Qualität.

Zur zweiten Gruppe rechnet man die Mehrzahl der plastischen Thone, die bei niederer Temperatur rosa, bei höherer Temperatur gelblich oder bräunlich brennen, und die zur Erzeugung besserer keramischer Artikel und zur Chamottestein-Fabrikation dienen.

Die dritte Gruppe bilden die besseren Ziegelthone, die rotbrennend sind und leichter schmelzen als die der zweiten Gruppe.

Die vierte Gruppe umfaßt die an kohlensaurem Kalk reichen Thone, die oftmals als Thonmergel bezeichnet werden. Sie brennen bei niederer Temperatur rot und bei höherer gelb bis grau.

4. Nach ihren Schmelzpunkten kann man die Thone einteilen in feuerfeste und nichtfeuerfeste Thone. Zu den feuerfesten rechnet man alle diejenigen Thone, deren Schmelzpunkte zwischen den Seger-Kegeln 26—36 liegen, schmilzt ein Thon unter Seger-Kegel 26, so zählt er nicht mehr zu den feuerfesten Thonen.

Die Brennfarbe der feuerfesten Thone ist weiß, grau oder gelblich. Zu den nicht feuerfesten Thonen gehören:

Der Töpferthon; er enthält viel Eisen und ist meist graublau, grünlichgrau oder gelb gefärbt und dient zur Erzeugung des Töpfergeschirres.

Der Ziegelthon; er ist ein rotbrennender Thon mit größerem Sand- und Eisengehalt, bisweilen auch Kalk enthaltend.

Die Thonmergel; dies sind Ziegelthone mit größerem Kalkgehalt.

Der Letten; ein Thonmergel in schiefriger Form.

Der Lehm, der unreife, jüngste, sehr weiche, zerreibliche Thon, der stark sand- und eisenhaltig ist.

Der Bolus, Ocker, Siegelerde, Thone mit großem Eisengehalt, die sich tiefrot brennen.

Die Walkererde, die in der Tuchfabrikation verwandt wird, und häufig Magnesia enthält. Sie ist wenig bildsam und brennt gelb bis rot.

Der Thonschluff, ein stark mit Glimmerteilchen durchsetzter Thon, der sich aber wenig zur Verarbeitung eignet.

Neben den plastischen Materialien kommen als Rohmaterialien für die Thonwarenfabrikation noch in Betracht die als Magerungs- und Flußmittel (Glasurmittel) dienenden Stoffe.

Magerungs- und Flußmittel (Unplastische Substanzen).

Hierher gehören Quarz, Sand, Infusorienerde, Feuerstein, gebrannter Thon (Chamotte), Kalkspath, Magnesit, Feldspath, Flußspath, Schwerspath, Gips, Knochenerde, Schlacken, sowie als organische Magermittel: Kohlenklein, Sägemehl, Torf etc. und als Glasurmittel: Borsäure, Kochsalz, Bleiverbindungen, Alkalicarbonate und Sulfate u. a. m.

Eines Zusatzes an Magermitteln bedürfen vor allen Dingen die fetten Thone, die sich beim Trocknen und Brennen infolge von zu starker Schwindung verziehen und Sprünge und Risse erhalten.

Dies kommt daher, daß sie in dickerer Lage nur an der Oberfläche trocknen, im Innern aber noch lange weich bleiben und Feuchtigkeit zurückhalten.

Je mehr Magerungsmittel ihnen nun zugesetzt werden, desto gleichmäßiger verläuft infolge verminderter Schwindung und erhöhter Porosität der Trockenprozeß und desto eher wird die Gefahr des Verziehens und Reißens der Erzeugnisse vermieden.

Auch gegen Temperaturwechsel sind die aus gemagertem fetten Thone hergestellten Erzeugnisse unempfindlicher als die aus ungemagertem fetten Thone erzeugten, solange der Brand nicht bis zur Sinterung getrieben ist, da die Luft durch den porösen Scherben der gemagerten Produkte besser diffundiert als durch die feineren Poren des nicht gemagerten Thones.

Bei dem durch Sinterung geschlossenen Scherben kommen andere Verhältnisse in Betracht.

Je nach der Art der zu fabrizierenden Waren werden die Magerungsmittel in größeren und kleineren Mengen und in verschiedenen Korngrößen zugesetzt, doch darf die Magerung nicht soweit gehen, daß das Bindevermögen des Thones und die Festigkeit des Trockengutes aufgehoben, sowie die Verarbeitung erschwert wird.

Das Hauptmagerungsmittel ist die Kieselsäure in Gestalt von Quarz, Sand, Infusorienerde (unreine Kieselsäure) und Feuerstein.

Die Korngröße des Quarzes richtet sich nach den herzustellenden Erzeugnissen; sie darf nicht so groß sein, daß das Quarzkorn die Ware beim Trocknen resp. Brennen zerstört.

Gewöhnlicher, eisenschüssiger Sand wird hauptsächlich als Magerungsmittel bei der Ziegelfabrikation benutzt.

Quarz und Feuerstein dienen unter anderem zur Herstellung von Porzellan, Steinzeug, Steingut und Fayence.

Die Infusorienerde wird nur als Magerungsmittel für leicht schmelzbare Materialien gebraucht und ist für feuerfeste Waren nicht zu empfehlen.

Das Hauptmagerungsmittel für letztere ist die Chamotte, ein grobkörniges Pulver von gebranntem Thon, der möglichst hohe Hitzegrade ausgehalten hat, sodaß das Chamottekorn nicht mehr schwindet.

Außer zur Herabsetzung der Schwindung dient dieses Magerungsmittel auch noch dazu, im grobkörnigen Zustande die Feuerfestigkeit der Masse zu erhöhen.

Die Korngröße der Chamotte wird dem vorliegenden Zweck jedesmal angepaßt und wählt man die Zerkleinerungsmaschinen, die das Korn eckig und splittrig werden lassen.

Um die Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Temperaturwechsel zu erhöhen, setzt man den feuerfesten Waren außer Chamotte auch häufig Kapselscherben und Biskuit- und Porzellanscherben zu, die außerdem den Zweck haben, ein möglichst frühes Dichtbrennen des Scherbens zu bewirken.

Als Versatzmittel für Ziegelthone wendet man außer dem Sande häufig Ziegelmehl als Magerungsmittel an, und zwar wird dieses in fein verteiltem Zustande hinzugegeben und hat den Zweck, den Stein dichter und undurchdringlicher zu machen; es wirkt in diesem Sinne besser als Sand, der mehr zur Auflockerung dient.

Öfters versetzt man auch sehr fetten Thon mit magerem und kommt auf diese Weise zu brauchbaren Waren; es ist also auch ein sandiger Thon als Magermittel zu bezeichnen.

Wie Ziegelmehl wirken auch Braun- und Steinkohlenasche.*)

Gebrannter Kalk dient ebenfalls als Magerungsmittel, doch muß der Zusatz in sehr feinem Zustande vorsichtig gemacht werden, um nicht unbrauchbare Ware zu erhalten.

Kohlenstoffhaltige Substanzen werden hinzugesetzt, um in der Tiegelmasse die Oxydation der Metalle zu verhüten und eine Verbindung derselben mit dem Thon zu verhindern.

Außerdem aber dient das Kohlenpulver zur Herstellung leichter, poröser Waren.

Andere auflockernde Substanzen sind Holzkohlen und Zunder, die außer den magernden Eigenschaften noch die besitzen, daß sie im Innern ins Glühen kommen und der Ziegelmasse eine gleichmäßige Hitze erteilen und so das Brennen beschleunigen. Man spart dabei an Brennmaterial.

*) Polyt. Centralblatt 1866 S. 584.

Um leichte poröse Ziegel herzustellen, gebraucht man ferner als Magerungsmittel Holzsägemehl, Stroh, Torf etc.

Für die Herstellung von Schwemmsteinen bedient man sich der Infusorienerde. Andere Versatzmittel wie Bauxit haben nicht den Zweck der Magerung, sondern dienen dazu, die Feuerfestigkeit und den Thonerdegehalt im feuerfesten Material zu erhöhen.

Flußmittel.

Zur Fabrikation gewisser Waren sind häufig nicht genug Flußmittel in den Thonen vorhanden; dieselben müssen daher künstlich beigemischt werden und haben den Zweck, den für sich beim Brennen porös bleibenden Scherben zum Fritten oder Schmelzen zu bringen. Besonders angewandt werden die Flußmittel in der Porzellan-, Steingut- und Klinkerfabrikation*).

Die hauptsächlichsten Flußmittel sind Feldspath, der als Orthoklas, Albit, Oligoklas, Labrador, Anorthit vorkommt und verwandt wird.

Feldspath schmilzt je nach seiner Reinheit zwischen den Kegeln 6—9—13 zu einer Emaille, die nach dem Gehalt an färbenden Oxyden mehr oder weniger gefärbt ist.

Die reinsten Feldspathsorten schmelzen rein weiß, etwa bei Kegel 8—9. Dieses Flußmittel ist jedoch nicht billig und kann nicht für alle Fabrikationszweige in gleichem Maße empfohlen und angewandt werden.

In Gestalt von Kreide, Kalkstein, Mergel und als Wiesenkalk ist der kohlensaure Kalk als Flußmittel benutzt worden.

Zur Porzellan- und Steingut-Fabrikation sind möglichst eisenfreie Materialien nötig, für die Steinzeugfabrikation, gemeine Fayence- und Klinkerfabrikation jedoch ist ein Eisengehalt sogar erwünscht.

Ferner kommen schwefelsaurer Kalk (Gips) und schwefelsaurer Baryt zuweilen als Flußmittel zur Verwendung, z. B. im Nymphenburger Porzellan, und Schwerspath außer zur Herstellung einiger Porzellansorten im Wedgewood-Geschirr; für

*) Tenax, Steingut- und Porzellanfabrikation u. T.-N. 12, 254.

letztere Fabrikation ist außerdem auch schwefelsaurer Strontian benutzt worden.

Bei der Bereitung von Frittenporzellan wird phosphorsaurer Kalk verwandt, und zwar in Form von weißgebrannten Knochen. In England gebraucht man statt der Knochenasche Phosphorit und Sombrerit.

Kieselsaure Magnesia als Speckstein und Talk wird als Zusatz zum Kaolin für Lithophanien und als Versatzmittel zu Glasuren angewandt.

Weitere Flußmittel sind Glasurfritten aus Sand, Porzellanmasse und alkalischen Salzen, Eisenfrischschlacken, Eisenhochofenschlacken, Eisen-Hammerschlag und Eisenerze.

B. Untersuchung der Rohmaterialien und Wert der Untersuchungsmethoden in Anwendung auf die Technik.

Die Untersuchung der Rohmaterialien kann geschehen:

1. auf chemischem Wege,
2. auf physikalischem (pyrometrischem und mechanischem) Wege.

Die Untersuchung auf chemischem Wege erstreckt sich auf die chemische Vollanalyse und die rationelle Analyse, d. h. die Bestimmung von Quarz, Feldspath und Thonsubstanz.

Die Prüfung auf mechanisch-physikalischem Wege umfaßt die Schlämmanalyse, Bestimmung der Plastizität, des Bindevermögens, der Schwindung und Dichtbrenntemperatur, der Sinterung und Schmelzung.

Chemische Untersuchung.

Die chemische Vollanalyse kann auf zwei Arten vorgenommen werden:

a) durch Aufschließen mit kohlensaurem Natron-Kali,
b) durch Aufschließen mit Flußsäure unter Hinzugabe von Schwefelsäure.

a) Aufschließen mit kohlensaurem Natron-Kali:

Im Chem. Laboratorium für Thonindustrie und im Spezial-Laboratorium des Verfassers hat sich (im Laufe der Jahre) folgende Methode als die beste herausgestellt:

1 g der in einer Achatschale feinst gepulverten Substanz einer guten, sorgfältigst hergestellten und bei 110° C. getrockneten Durchschnittsprobe wird mit 2—3facher Menge reinen Natron-Kalis, das auf seine Reinheit geprüft und dessen geringe Beimengungen durch eine genaue Analyse festgestellt worden sind, in einem nicht zu kleinem Platintiegel innigst durch Umrühren mittelst eines kleinen, dünnen Glasstabes gemischt und dann in bedecktem Tiegel zuerst bei kleiner Flamme, alsdann bei gesteigerter Hitze und schließlich über dem Gebläse solange geglüht, bis die Masse klar fließt, oder bis eine Entwickelung von Kohlensäure nicht mehr zu beobachten ist.

Beim Beginn des Erhitzens darf die Flamme nicht zu groß sein, weil sonst die Kohlensäure-Entwickelung zu lebhaft vor sich geht und die Schmelze aufschäumt und überläuft. Geschieht dieses dennoch, so ist der Tiegel zu reinigen und eine neue Probe anzusetzen. Nach 10′ ist in geübten Händen der Aufschluß gewöhnlich beendet. Man nimmt nun den Deckel des Platintiegels ab und legt ihn in eine auf einem Thonring festruhende Platinschale, die zu dem Zweck bereit gehalten wurde, und in welcher sich etwas Wasser (ca. 50 ccm) befindet. Der noch glühende Tiegel wird nun mit einer reinen Tiegelzange erfaßt, von der Flamme entfernt und in das Wasser gestellt, jedoch so, daß dasselbe zunächst nicht an die Schmelze kommt, da sonst kleine Explosionen entstehen. Durch das plötzliche Abkühlen läßt die Schmelze sofort von der Tiegelwandung los und erweicht in dem Wasser rascher; der zum Aufschluß gebrauchte Tiegel wird ebenfalls in die Schale gesetzt, die mit einem Uhrglase bedeckt wird. Ist die Schmelze einigermaßen erweicht, was nach ca. 30′ geschehen ist, so gießt man vorsichtig nach und nach Salzsäure in die Platinschale, bis keine Kohlensäure-Entwickelung, die sich durch Aufbrausen kenntlich macht, mehr zu beobachten ist. Der Aufschluß ist beendet und vollständig gewesen, wenn die salzsaure Lösung klar ist und sich keine festen Körnchen auf dem Boden der Schale mehr vorfinden.

Finden sich jedoch noch unaufgeschlossene Körnchen, die man erkennen kann, wenn man den Platinspatel, der mit in

der Schale ruht, auf dem Boden hin- und herbewegt, wobei sich ein knirschendes Geräusch hören läßt, so sind diese abzufiltrieren, zu veraschen und nochmals mit kohlensaurem Natron-Kali zu behandeln. Die Lösung des zweiten Aufschlusses ist dann der ursprünglichen Lösung hinzuzufügen.

Wie oben angegeben, soll man die Schmelze erst im Wasser erweichen und auflösen, bevor man die Salzsäure hinzugiebt, und zwar geschieht dieses aus folgendem Grunde:

Giebt man nämlich direkt auf die erkaltete Schmelze Salzsäure, so scheidet sich ein Teil der Kieselsäure sofort flockig ab und trübt die Lösung; man ist daher nicht in der Lage, mit positiver Sicherheit erkennen zu können, ob der Aufschluß vollständig war oder nicht.

Nach dem Lösen in Salzsäure spült man Uhrglas, Tiegel und Tiegeldeckel gut ab und dampft die salzsaure Lösung des Aufschlusses nun auf dem Wasserbade bis zur Trockne ein, wobei man zum Schlusse häufiger mit dem Platinspatel, der in der Schale ruht, die gelatinöse Masse umrührt, um ein rascheres und vollständiges Entweichen des Wassers herbeizuführen.

Nach der Verdampfung des Wassers bedeckt man die Schale mit einem Uhrglase und bringt sie mit demselben in einen Trockenkasten, der bis auf 150° C. erhitzt wird. In diesem Trockenkasten beläßt man die Schale 2 Stunden, bis der Rückstand nicht mehr nach Salzsäure riecht. Hierauf wird die Schale aus dem Trockenkasten entfernt und der Rückstand, der die nun in Salzsäure unlösliche Kieselsäure enthält, mit etwa 100 ccm Salzsäure übergossen, worauf man die Schale etwa 2 Stunden stehen läßt, um den Rückstand gut durchzuweichen und auch die geringsten Spuren der Kieselsäure unlöslich zu machen.

Nach dieser Zeit kocht man den Inhalt der bedeckten Platinschale einmal auf und spült das Uhrglas mit destilliertem Wasser ab. Ist der ungelöste Rückstand, die Kieselsäure, nicht gleichmäßig fein auf dem Boden der Schale verteilt, sondern haben sich beim Trocknen Klümpchen gebildet, die auch später nicht ordentlich erweicht sind, so werden diese mittelst eines

Pistills vorsichtig vollständig zerdrückt und zerrieben, worauf das Pistill sorgfältigst abgespült wird.

Die unlöslich gewordene Kieselsäure wird nun abfiltriert, wobei man das Filtrat in ein 500 ccm Kölbchen, dessen Hals eine Marke trägt, laufen läßt.

Die letzten Reste der Kieselsäure, die schwer von der Schale loslassen, nimmt man zweckmäßig mit Papier oder noch besser mit dem reinen Finger los, um sie dann ebenfalls mit verdünnter Salzsäure (1:10) auf das Filter zu spülen.

Die Kieselsäure wird nun mit verdünnter, warmer Salzsäure nachgewaschen, und, falls dieselbe durch organische Substanzen, Titan etc. dunkel gefärbt ist, mit Salzsäure befeuchtet, eine halbe Stunde stehen gelassen und nochmals nachgewaschen.

Die sorgfältigst ausgewaschene Kieselsäure wird dann im gewogenen Platintiegel verascht, stark über dem Gebläse geglüht und gewogen. Hierauf giebt man bis zur Hälfte des Tiegels reine Flußsäure und einen Tropfen conc. Schwefelsäure hinzu und bringt den Tiegel auf das Wasserbad; die Kieselsäure geht als Kieselfluorwasserstoffsäure hinweg und die sich etwa vorfindenden Verunreinigungen der Kieselsäure bleiben als schwefelsaure Salze zurück. Nach dem starken Glühen des Tiegels wird derselbe gewogen und der erhaltene Rückstand, falls derselbe über 0.5 Prozent beträgt, näher untersucht. Ist derselbe gering, so wird derselbe als Thonerde und Eisenoxyd in Abzug gebracht. Das Filtrat der Kieselsäure wird bis zur Marke des 500 ccm Kolbens aufgefüllt und in diesem Thonerde, Eisen, Kalk, Magnesia wie folgt bestimmt. Zunächst werden zur Bestimmung von Thonerde und Eisenoxyd 200 ccm in ein Becherglas pipettirt, mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzt und stark erwärmt. Darauf giebt man tropfenweise so viel Ammoniak-Flüssigkeit hinzu, bis die Lösung schwach ammoniakalisch ist. Man läßt nun den sich bildenden Niederschlag von Thonerde und Eisenoxyd absitzen, filtriert denselben ab und wäscht ihn mit warmem, destilliertem Wasser, das nicht sauer sein darf, aus. Der abfiltrierte Niederschlag wird nun nochmals in Salzsäure gelöst und in der Lösung wie beim ersten Male gefällt, filtriert und ausgewaschen. Derselbe wird

nun feucht im gewogenen Platintiegel verascht, geglüht und gewogen. Auch Thonerde und Eisenoxyd kann man mit einem Überschuß von Schwefelsäure mit Flußsäure auf Kieselsäure und somit auf seine Reinheit prüfen. In einem weiteren Anteile von 200 ccm des Filtrats wird das Eisen für sich bestimmt. Am schnellsten kommt man dabei auf folgende Weise zum Ziel: Man giebt 200 ccm in eine halbe Literflasche und versetzt die Flüssigkeit mit Ammoniak, bis ein bleibender Niederschlag entsteht. Dieser wird in Salzsäure gelöst, von welcher man nur so viel hinzusetzt, daß ein ganz geringer Überschuß vorhanden ist, der nötig ist, um ein Stückchen Lackmuspapier, das in die Flasche gethan ist, rot zu färben. Zu dieser schwachsauren Lösung giebt man etwas festes Jodkalium und läßt die Flasche verstopft auf dem Wasserbade eine Stunde lang stehen. Nach dieser Zeit wird die Flasche abgekühlt, mit Stärkelösung versetzt und das ausgeschiedene Jod mit $^1/_{100}$ Normal-Natron-Thiosulfatlösung bis auf farblos titriert. Nachdem man vorher festgestellt hat, wie viel Eisenoxyd einem ccm der Thiosulfatlösung entspricht, wird der Eisengehalt aus den verbrauchten ccm der Lösung berechnet.

Zur Bestimmung des Kalkes werden die beiden Filtrate von Thonerde und Eisenoxyd eingedampft und der Kalk mit oxalsaurem Ammoniak heiß gefällt.

Nach dem Absitzen wird derselbe abfiltriert, mit kaltem Wasser gut ausgewaschen, im gewogenen Platintiegel verascht, bis zur Gewichtskonstanz geglüht und gewogen. Im Filtrat von Kalk wird die Magnesia mit phosphorsaurem Natron unter Zusatz von einem Drittel des Volumens an Ammoniakflüssigkeit gefällt, nach zwölfstündigem Stehenlassen abfiltriert und mit Ammoniakflüssigkeit (1:2) gut ausgewaschen. Die Veraschung erfolgt, (da Seger nachgewiesen zu haben glaubte, daß Phosphors. den Platintiegel brüchig macht) im gewogenen Porzellantiegel (kann aber unbedenklich im Platintiegel vorgenommen werden, da nicht die P_2O_5, sondern das hochgeglühte Eisenoxyd den Platintiegel beschädigt), worauf nach dem Glühen, die Magnesia als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen wird, woraus

man durch Rechnung den Gehalt an MgO ermittelt. Der hierzu nötige Faktor ist 0.3604.

Die gefundenen Zahlen an Thonerde, Eisenoxyd, Kalkerde und Bittererde muß man mit 2.5 multiplizieren, um den Gesamtinhalt in 1 gr zu erhalten, da man von 500 ccm zur Bestimmung je 200 ccm gebraucht hat. Bei Anwendung von genau einem Gramm hat man also die erhaltenen Zahlen nur noch mit 100 zu multiplizieren, um auf die prozentische Zusammensetzung zu kommen. Hat man bei der Analyse des Natron-Kali's Verunreinigungen an Kieselsäure, Thonerde etc. gefunden, so sind diese je nach der Menge des angewandten Natron-Kali's bei den bei der Analyse gefundenen Zahlen in Abzug zu bringen. Der Glühverlust der Rohthone wird in einer besonderen Probe bestimmt, ebenso der Gehalt an Kohlensäure und Schwefelsäure und der Alkalien. Der Glühverlust wird in 1—2 gr in einem gewogenen Platintiegel ermittelt und zwar so, daß derselbe erst schwach, dann stärker erhitzt und schließlich bis zum konstanten Gewicht über dem Gebläse geglüht wird, worauf derselbe nach dem Erkalten gewogen wird. Die Erwärmung muß ganz allmählich vor sich gehen, da sonst das Wasser mit Gewalt fortgeht, Thonteile mit sich reißt und diese zerstäubt und umherstreut, wobei natürlich der Glühverlust zu hoch gefunden würde. Die Kohlensäure wird entweder mittelst des Baur'schen oder mittelst des Geisler'schen kleinen Apparates bestimmt und die gefundene Menge Kohlensäure auf kohlensauren Kalk resp. auf kohlensaure Magnesia berechnet.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure werden größere Mengen (100 gr) mit Wasser ausgekocht auf 1 Liter aufgefüllt und in einem Teil (500 ccm) der filtrierten Lösung dieselbe mit Chlorbaryum bestimmt.

Zur Bestimmung der Alkalien werden 3—5 gr der zu untersuchenden Substanz in einer Platinschale mit ca. 5 ccm conc. Schwefelsäure und 20 ccm reiner Flußsäure versetzt, auf dem Wasserbade bis zur Trockne eingedampft und gelinde geglüht, um die überschüssige Schwefelsäure zu entfernen. Der Rückstand wird in Salzsäure gelöst, mit Ammoniak und

oxalsaurem Ammoniak versetzt und Niederschlag und Flüssigkeit in einen Literkolben gespült, der oben am Halse eine Teilung in 0.1 ccm besitzt und unten mit einem Glashahn versehen ist. Nach dem Durchschütteln läßt man den Niederschlag sich absetzen und filtriert durch ein trocknes Filter 500 ccm der Flüssigkeit ab. Diese giebt man in eine Platinschale und dampft bis zur Trockne ein, glüht dann zur Verjagung der Ammoniak-Salze, nimmt den Rückstand mit wenig Wasser auf und setzt aufgeschlämmtes Quecksilberoxyd hinzu, um die MgO unlöslich zu machen. Man dampft nun dazu bis zur Trockne ein, glüht stark, nimmt mit wenig Wasser auf, filtriert in eine Platinschale, setzt etwas Schwefelsäure hinzu und dampft bis zur Trockne auf dem Wasserbade ein, glüht und wägt die schwefelsauren Alkalien. Bei geringen Mengen kann man direkt auf Kalium- oder Natriumoxyd berechnen, während man bei größeren Mengen eine Trennung vornehmen muß.

Zu diesem Zwecke werden die schwefelsauren Alkalien in Salzsäure gelöst, die salzsaure Lösung mit Platinchlorid versetzt und fast bis zur Trockne in einer Glas- oder Porzellanschale auf dem Wasserbade eingedampft. Nach dem Erkalten übergießt man das Eingedampfte mit Äther-Alkohol und läßt das Gefäß bedeckt solange stehen, bis die überstehende Flüssigkeit vollständig klar ist. Der Niederschlag von Kaliumplatinchlorid wird nun auf ein gewogenes Filter gebracht, mit Äther-Alkohol und Äther gewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen. Aus dem Kaliumplatinchlorid berechnet man den Gehalt an Kaliumoxyd und bringt diesen von der gefundenen Menge der Alkalien in Abzug, der Rest wird auf Natriumoxyd umgerechnet, und hat man somit den Gehalt an Kalium- und Natriumoxyd gesondert ermittelt.

b) Aufschließen mit Flußsäure.

Beabsichtigt man nicht die Kieselsäure direkt zu bestimmen, so kann man auch die fein gepulverte Substanz mit concentrierter Schwefelsäure und Flußsäure aufschließen. Man verfährt dabei wie bei der Bestimmung der Alkalien, dampft auf dem Wasserbade ein, glüht den Rückstand schwach, löst ihn dann in Salzsäure und bestimmt in der salzsauren Lösung Thon-

erde und Eisen etc. wie gewöhnlich; dabei ist jedoch darauf zu achten, daß Thonerde und Eisen vollständig gefüllt werden, was man dadurch erreicht, daß man die mit Ammoniak gefällten Niederschläge 2—3 Stunden auf dem Wasserbade stehen läßt. Zur Bestimmung des Eisens filtriert man den ausgefällten Niederschlag ab, wäscht denselben gut aus, löst ihn dann wieder in Salzsäure und bestimmt das Eisen wie vorher. Diese Manipulation ist notwendig, da man sonst leicht zu viel Eisenoxyd infolge des Gehaltes an Schwefelsäure finden kann, zumal wenn man die überschüssige Schwefelsäure beim Aufschließen nicht verjagt hat. Kalk und Magnesia wird wie vorher bestimmt.

Die chemische Analyse giebt uns jedoch nur Auskunft über das Vorkommen der einzelnen Bestandteile in den Thonen und sagt nichts über die Verbindungen in denselben.

Um diese zu ermitteln, ist von Seger und Aron die rationelle Analyse vorgeschlagen und zur Anwendung gebracht worden. Diese beruht darauf, daß concentrierte Schwefelsäure die Thonsubstanz zersetzt, während Quarz und Feldspath ungelöst bleiben. Zur Anfertigung einer rationellen Analyse werden 3—5 gr der getrockneten und gepulverten, ungebrannten Substanz in einer Platinschale mit 100 ccm Wasser und 50 ccm concentrierter Schwefelsäure versetzt. Nachdem man den Inhalt der sich stark erwärmenden Platinschale gut mittelst eines Platinspatels durcheinander gemischt hat, wird die über einen Bunsenbrenner gesetzte, mit einem Uhrglase bedeckte Schale so lange erhitzt, bis die Schwefelsäure stark beginnt abzurauchen, was an dem sich entwickelnden weißen Nebel zu erkennen ist. Nachdem man die Schale durch Einsetzen in Wasser abgekühlt hat, giebt man vorsichtig nach und nach zu dem noch in der Schale verbliebenen Teil der Schwefelsäure Wasser hinzu, rührt mit dem Platinspatel eifrigst um, spült das Uhrglas, das auf der Schale lag, ab und fügt ca. 100 ccm chlorfreie Salzsäure hinzu. Man kocht nun die salzsaure Flüssigkeit einmal auf, spült das Uhrglas ab, entfernt den gut abgewaschenen Platinspatel und läßt den Niederschlag absitzen. Ist die überstehende Flüssigkeit klar geworden, so gießt man dieselbe vorsichtig ab und kocht den zurückbleibenden Nieder-

schlag mit conc. Natronlauge aus; man gießt nun die nach dem Absetzen des Niederschlages klar gewordene Flüssigkeit ebenfalls ab und kocht nochmals mit Salzsäure und Natronlauge aus. Zum Schluß wird der Rückstand in Salzsäure aufgekocht, abfiltriert und zunächst mit Salzsäure und dann mit Wasser ausgewaschen. Der Rückstand wird nun im gewogenen Platintiegel verascht, geglüht und gewogen. Durch diese Wägung erfährt man die Menge von Quarz und Feldspath und indirekt die Menge der Thonsubstanz. Zur Bestimmung des Feldspathes wird der Rückstand von Quarz und Feldspath mit Flußsäure und einigen Tropfen Schwefelsäure in demselben Tiegel abgeraucht. Die Kieselsäure geht weg und Thonerde und Alkali bleiben als schwefelsaure Salze zurück.

Nach dem Abdampfen bis zur Trockne löst man den Rückstand in Salzsäure, kocht die Lösung auf und fällt mit Ammoniak. Die ammoniakalische Flüssigkeit läßt man einige Zeit warm stehen, da die schwefelsaure Thonerde sich nur schwer durch Ammoniak zersetzt, füllt gegebenen Falles etwas Ammoniak nach, so daß die Flüssigkeit stets schwach danach riecht, filtriert dann die ausgeschiedene Thonerde, sobald sich dieselbe zu Boden gesetzt hat und die überstehende Flüssigkeit vollständig klar ist, wäscht dieselbe aus, verascht und wägt sie. Man hat so die Thonerde bestimmt, die im Feldspath: K_2O, Al_2O_3, $6\,SiO_2$ enthalten ist. Um auf den Feldspath selbst zu kommen, hat man nur die gefundene Thonerde mit 5.41 zu multiplizieren. Die so erhaltene Zahl wird von der Menge des Quarz' und Feldspaths abgezogen, der Rest ist der Quarz, der als solcher in der Substanz vorhanden ist. Ganz besonderen Wert hat die rationelle Analyse für die Porzellan- und Steingut-Fabrikation. Die Mischungen werden nach den Ergebnissen der rationellen Analyse gemacht und ist die Zusammensetzung der Rohmaterialien stets durch die rationelle Analyse zu ergründen.

Mechanische Prüfung.

1. Schlämmanalyse.

Zur Feststellung der etwa schädlichen Beimengungen im Thone, wie stückiger kohlensaurer Kalk, Schwefelkies und

Marienglas wird der Thon in Wasser aufgeweicht, zu einem dünnen Brei aufgerührt, und die festen, körnigen Bestandteile werden durch ein Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter durch Schlämmen abgesondert, da es feststeht, daß die für die Thonwarenfabrikation schädlichen Bestandteile durch erwähntes Sieb ausgehalten werden. Im allgemeinen wird es bei der Untersuchung eines Thones genügen, denselben durch ein Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter zu schlämmen. Anders dagegen ist es bei Kaolinen und ähnlichen Materialien, die sehr feinen Sand enthalten. Hier bedient man sich, um den Sand möglichst vollständig auszuschlämmen, eines feineren Siebes, z. B. des Siebes von 5000 Maschen pro Quadratcentimeter. Aber auch dieses Sieb erweist sich nicht für alle Fälle als ausreichend, denn gerade für Porzellan ist oft eine sorgfältigste Schlämmung notwendig.

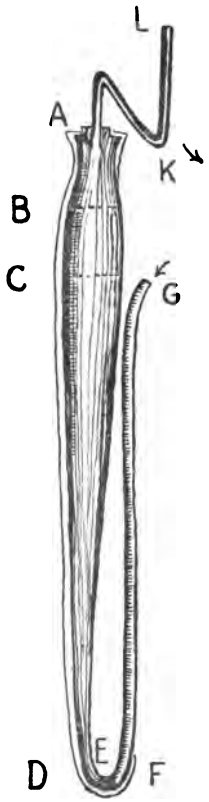


Fig. 1.

Man bedient sich in diesem Falle des Schöne'schen Schlämmapparates, dessen Konstruktion hier erwähnt sein soll.

Derselbe besteht aus einem konisch-cylindrischen Schlämmtrichter mit einem 10 cm hohen und 5 cm innen weiten cylindrischen Schlämmraum B C, an welchen sich der 50 cm hohe, konische Teil C D anschließt. Dieser ist am unteren Ende 4 bis 5 mm weit, sowie auch im unteren kleinen Bogen, während das Zuflußrohr weiter sein kann, aber nicht enger als 4.5 bis 5 cm.

In dem Halse des Schlämmtrichters befindet sich ein Kautschukpfropfen A mit N-förmig gebogenen 3 mm weiten Röhren, deren Schenkel parallel sind, während sich bei K eine Ausströmungsöffnung befindet (siehe Figur 1).

Der Druckmesser L K ist von dem Nullpunkt in dem Centrum der Ausströmungsöffnung ausgehend graduiert.

Die Teilung beginnt bei dem ersten Centimeterstrich und ist ausgeführt:

von 1 bis 5 cm in mm,
„ 5 „ 10 „ in $^1/_4$ cm,
„ 10 „ 50 „ in $^1/_2$ cm,
„ 50 „ 100 „ in $^1/_1$ cm
(siehe Figur 2).

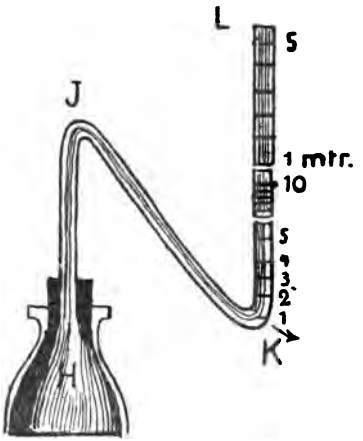


Fig. 2.

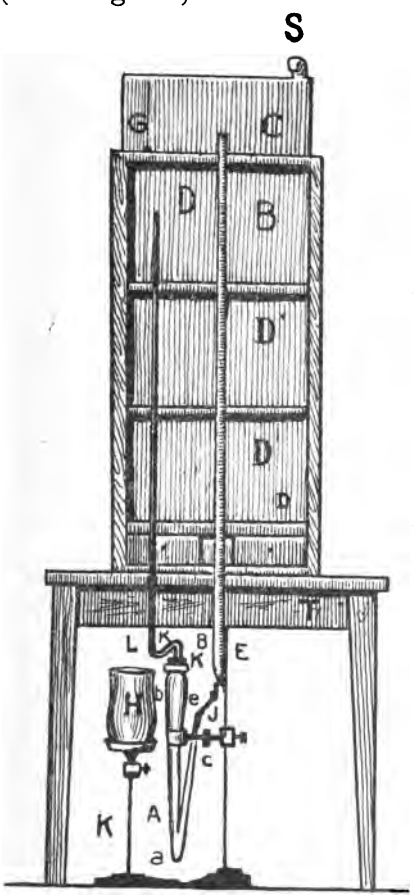


Fig. 3.

Zu dem Apparat gehören außerdem ein hölzerner Tisch T mit Holzgestell D und Brettern D', auf welchen die mit Schlämmflüssigkeit gefüllten Bechergläser stehen. C ist ein Wasserreservoir von 50 cm Länge, 25 cm Breite, 20 cm Höhe mit luftdicht verschraubbarer Einfüllöffnung. Aus dem Wasserkasten gelangt das Wasser in das Rohr BB bei geöffnetem Hahn E durch das Kautschukrohr e und das Rohr c in den am Stativ J befestigten Schlämmtrichter A. (Siehe Figur 3).

In dem konischen Teil des letzteren erfolgt die Zerlegung des Thonschlammes durch den unter Druck aufsteigenden Wasserstrom, und zwar nach Seger in Thonsubstanz bis zur Größe von 0.01 mm, in Schluff von 0.01 bis 0.025 mm, in

Staubsand von 0.025 bis 0.04 mm, in feinen Sand von 0.333 mm und in groben Sand von einer Größe über 0.3 mm. Aus dem Stande des Wassers in dem Piezometer K ergiebt sich der Druck und daraus die Geschwindigkeit des Wasserstromes im Schlämmraum.

Das auf- und niederschiebbare Stativ K, welches auf dem Zimmerboden steht, trägt das Becherglas H zur Aufnahme der bei L auslaufenden Flüssigkeit. G ist ein Luftrohr zum Eindringen von Luft, wenn aus C Wasser abgelassen wird.

Der zu untersuchende Thon wird zur vollständigen Auflösung des Thones mit Wasser gekocht, die Flüssigkeit durch ein Sieb von 0.2 mm weiten Öffnungen gegeben, die gröberen Körner hinzugethan und der Rückstand unter Umrühren mit einem Glasstabe so lange ausgewaschen, bis klares Wasser abläuft. Der auf dem Siebe gebliebene Rückstand wird später mit demjenigen vereinigt und bestimmt, der im Schlämmtrichter zurückbleibt. Die trübe Flüssigkeit läßt man einige Stunden ruhig stehen, gießt dann die Flüssigkeit vom Bodensatz ab und verwendet denselben zum Schlämmen, wobei aber nur soviel Wasser angewandt werden darf, daß das Niveau desselben höchstens den Punkt erreicht, wo bei C der eigentliche Schlämmraum beginnt. Die feinen suspendiert gebliebenen Teilchen vereinigt man später mit dem feinsten beim Schlämmen erhaltenen Anteile.

Nachdem das Piëzometer auf den Schlämmtrichter gesetzt und das Becherglas unter die Öffnung L gestellt worden, reguliert man den Wasserzufluß mittels des Hahnes E so, daß das Niveau der Piëzometerröhre genau den Stand einnimmt, welcher nach der vorher angefertigten Tabelle oder Kurve der niedrigsten im Schlämmraum zu erzeugenden Geschwindigkeit entspricht. Diese beträgt bei der Thonsubstanz, also einer Korngröße von 0.01 mm in der Sekunde 0.18 mm, die der Korngröße von 0.01—0.04 mm entsprechende Geschwindigkeit ist 1.58 mm pro Sekunde; die Korngrößen von 0.04—0.2 mm verbleiben als Rückstand im Schlämmraum.

Man schlämmt nun mit der niedrigsten Geschwindigkeit, die man anwenden will, so lange ab, bis das Wasser im oberen

Schlämmraum fast klar ist, setzt dann unter L ein anderes Becherglas, verstärkt die Stromgeschwindigkeit auf 1.58 mm und erhält dann Korngrößen von 0.01—0.04 mm, läßt dann die dritte Geschwindigkeit wirken und fährt solange in dieser Weise fort, bis man die gewünschte Zahl Gruppen erhalten hat. Die Bechergläser, die die Schlämmflüssigkeit enthalten, läßt man bis zur Klärung stehen, hebert die klare Flüssigkeit ab, spült den Bodensatz in eine Porzellanschale, trocknet und wägt denselben. Den Rückstand im Schlämmtrichter spült man, indem man letzteren nach abgenommenem Piezometer umkehrt, mit Wasser aus.

Seger*) empfiehlt einen kleinen Hilfsapparat, der verhindern soll, daß feine Sand- und Schluffteile sich absetzen und durch einen geringen Wasserstrahl überhaupt nicht in der Schwebe gehalten werden.

Dieser Hilfsapparat besteht aus einem Korkstück, welches auf 5—8 mm ausgebohrt und nach oben zu trichterförmig und möglichst scharfkantig gefeilt ist. Die untere, runde Öffnung wird mittelst eines kleinen Messingsiebes von 0.2 mm Maschenweite verschlossen, welches mit Siegellack unter dem Kork angekittet ist.

Dieser kleine Apparat wird in den untern Teil des Schlämmtrichters angebracht. Infolge der vielen kleinen Öffnungen, durch welche das Wasser nun in den Schlämmtrichter strömt, ist die Geschwindigkeit desselben eine so bedeutende, daß keine Sandteile durch das Sieb hindurch und in den untersten, gekrümmten Teil zur Ablagerung kommen, sondern sie bleiben während des ganzen Prozesses frei im Wasser schweben.

Hat die Schlämmanalyse einen größeren Rückstand an Sand, Thontrümmern, kohlensaurem Kalk, Schwefelkies etc. ergeben, so wird zwecks weiterer Untersuchung eine größere Menge Thon geschlämmt und das geschlämmte Produkt denselben Prüfungen unterworfen, wie das ungeschlämmte.

---

*) Segers ges. Schriften S. 36.

2. Brennproben.

Der zu untersuchende Thon (roh oder auch geschlämmt) wird in wenig Wasser aufgeweicht, durch Schneiden und Kneten gut durchgearbeitet, und die nach guter Homogenisierung erhaltene Masse mit der Hand zu Probesteinchen in einer Form von 80 mm Länge, oder mittelst Ziegelpresse zu Lochsteinen, oder aber auch zu Dachfalzziegeln in Gypsformen gepreßt und verarbeitet.

Dem Thone wird soviel Wasser hinzugesetzt resp. durch Zumischen von trocknem Thon entzogen, bis er beim Kneten von der Hand losläßt.

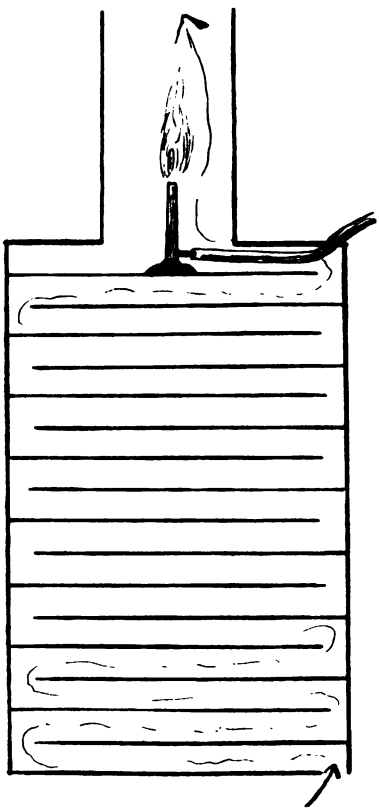


Fig. 4.

Die Wassermenge, die nötig war, wird bestimmt als das zur Verarbeitung des Thones notwendige Anmachewasser. Zu diesem Zwecke wird ein frisch geformter Stein gewogen, bezeichnet und nach dem Trocknen wieder gewogen. Der Gewichtsverlust ergiebt die angewandte Wassermenge. Die frisch geformten Probesteinchen werden nun möglichst langsam getrocknet, und zu diesem Zwecke kann man sich eines Schrankes bedienen, der den in Figur 4 dargestellten Durchschnitt zeigt.

Durch die wechselseitige Anordnung der Öffnungen in den einzelnen Schichten wird die Luft gezwungen, im Zick-Zack durch den Raum zu gehen, der mit den zu trocknenden Steinen, die auf Zementplatten ruhen, gefüllt ist. Oben im Schornstein S kann, wenn das Trocknen

beschleunigt werden soll, eine Flamme angebracht werden; durch die Erwärmung der oberen Schichten wird die Luft verdünnt, die Luftzufuhr resp. der Luftwechsel ein größerer und infolgedessen die Trocknung eine raschere.

Soll sehr langsam getrocknet werden, so löscht man die Flamme und stellt in den untersten Teil eine flache Schale mit Wasser, das öfter erneuert wird. Die Wasserverdunstung kann mit Hilfe eines Atmometers gemessen werden. Dieser Apparat besteht aus einer graduierten Röhre mit einer Öffnung, die nach unten gestellt mit einem Fließpapierstück verschlossen ist. Die verdunstete Wassermenge kann von Zeit zu Zeit direkt abgelesen werden. Nachdem hier die Steinchen etc. vorgetrocknet sind, kommen dieselben in einen Chamottetrockenkasten, der bis auf 150—200° C erst offen, dann geschlossen erwärmt wird. Die gut getrockneten Probesteinchen werden dann im Seger'schen Ofen (Figur 5) gebrannt und zwar nach Seger-Kegeln bei den verschiedensten Temperaturen, bis sie entweder schmelzen oder dicht brennen.

Seger-Ofen.

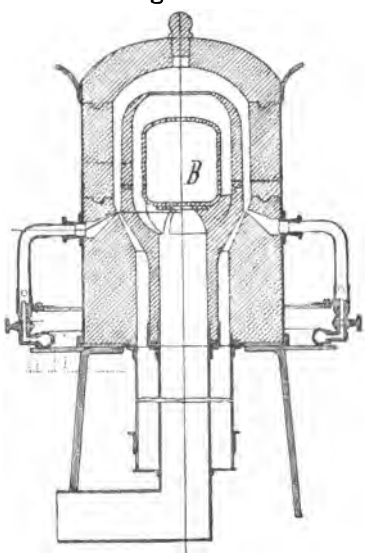


Fig. 5.

Die Befeuerung des Seger'schen Ofens geschieht mit Gas, wobei der größte Teil der Verbrennungsluft durch die abziehenden Verbrennungsgase vorgewärmt wird.

Der Ofen besteht aus einem starkwandigen Chamottecylinder mit abnehmbarem Deckel, der eine hohe Feuerbrücke, bestehend aus einem dünnwandigen Chamottecylinder, umschließt. Innerhalb der cylindrischen Feuerbrücke steht in geringem Abstande eine mit Deckel verschließbare Chamottekapsel B von cylindrischer Form, die zur Aufnahme der zu brennenden Gegenstände dient.

Durch acht regelmäßig im Kreise verteilte Bunsen-Brenner tritt die Gasflamme von außen durch den starkwandigen Chamottemantel, in welchem entsprechende Durchgangsöffnungen ausgespart sind, ein, steigt an der dünnwandigen Feuerbrücke empor, um dann von der Decke zurückgeworfen, den eigentlichen Brennraum umspülend, in den Schornstein zu gehen. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den zwischen der Außenwand und der Feuerbrücke verbleibenden ringförmigen Spalt ein.

Soll der Ofen in Betrieb gesetzt werden, so wird zuerst die kleine innere Kapsel mit dem betreffenden Brenngut beschickt; dazu werden die für den zu erreichenden Hitzegrad erforderlichen Kegel mit eingesetzt. Sodann schließt man die Luftzuführungs-Öffnung der Bunsen-Brenner durch Drehen des eisernen Verbindungsringes, öffnet etwas den Gashahn und zündet das Gas an. Nach dem Aufsetzen des Deckels öffnet man die Luftzuführungs-Öffnung an den Bunsen-Brennern so weit, daß blaue Flammen entstehen. Die Beobachtung der Kegel geschieht durch ein Loch im Deckel der Brennkapsel und durch das mit einem Chamottestopfen verschlossene Schauloch im Deckel des Ofens.

Durch entsprechendes Öffnen des Gaszuführungshahnes bewirkt man eine größere oder geringere Gaszufuhr und hat es demnach in der Hand, die Temperatur schnell oder langsam steigen zu lassen. Will man schnell brennen, so kann man den Kegel 010 (Silberschmelze, circa 960° C.) in 30—40 Minuten zum Schmelzen bringen, während man bei langsamem Brennen das Umschmelzen des Kegels 010 erst nach Verlauf mehrerer Stunden erreichen kann.

Der Ofen wird mit Vorteil zum Brennen aller Arten von Rohmaterialproben, Ziegelsteinen, Verblendern, Klinkern, Chamotteproben, Fayence, Steingut, Steinzeug, Cement, Magnesit und Porzellan, zum Einbrennen von Farben und Glasuren und zur Herstellung von Flüssen und Glasschmelzen benutzt.

Soll der Ofen zum Schmelzen von Glasur- und Farbflüssen benutzt werden, so vertauscht man die Chamottekapsel mit einem hessischen Tiegel, dessen Boden zum Abtropfen der

feuerflüssigen Schmelze mit einem Loch versehen ist, schiebt, sobald das Ofeninnere rotglühend geworden ist, nach Entfernung der unteren Verschlußkappe des Abzugsrohres einen Eimer mit Wasser unter das letztere, der soweit mit Wasser gefüllt ist, daß das Rohr einige Centimeter eintaucht. Der Fluß oder die flüssige Glasur tropft dann nach und nach in das Wasser, aus welchem dieselben ausgeschöpft werden. In dem Maße, wie die Glasur aus dem Tiegel austropft, wird neues Gemenge in den Tiegel von oben eingetragen, nachdem der Einsatz im Ofendeckel für diese Zeit entfernt ist.

3. Schwindung und Porosität.

Bei den getrockneten und bei den verschiedensten Temperaturen gebrannten Probesteinchen wird die lineare Schwindung resp. Ausdehnung mittelst eines kleinen Maßapparates, der mit einem Nonius versehen ist, gemessen, um nach der Höhe der Schwindung ein Maß zu haben für die Größe der anzufertigenden Formen beim Betriebe im Großen, wenn es darauf ankommt, Waren von bestimmter Größe herzustellen.

Beträgt die beim Brennen beobachtete, lineare Schwindung über 10 Prozent, so wird im allgemeinen für den bequemeren, besseren Betrieb das Material gemagert.

Die Dichtigkeit resp. Porosität der gebrannten Steinchen wird durch die Wasseraufnahmefähigkeit bestimmt. Zu diesem Zwecke werden die genau gewogenen Probesteinchen eine Stunde lang in Wasser gekocht und nach dem Erkalten oberflächlich abgetrocknet und wieder gewogen. Die Gewichtszunahme ist dann durch das aufgenommene Wasser bedingt.

Man bezeichnet im allgemeinen einen Thon als dicht gebrannt, wenn derselbe nicht mehr als 2 bis 4 Prozent Wasser aufzunehmen imstande ist.

Sehr häufig macht sich jedoch die Dichtbrenntemperatur auf andere Weise kenntlich. Beim Brennen der Probesteinchen bei den verschiedensten Temperaturen kommt man schließlich sehr häufig an einen Punkt, wo die Schwindung entweder nicht größer wird, oder aber geringer geworden ist, der Stein also sich ausgedehnt hat. Im letzteren Falle ist der Punkt

des Dichtbrennens bereits überschritten, und liegt derselbe bei der nächst niederen Temperatur.

Viele Thone zeichnen sich durch Schwerschmelzbarkeit und ein frühes Dichtbrennen aus (Glashafenthone), andere dagegen zeigen einen niedrigeren Schmelzpunkt und brennen erst bei sehr hoher Temperatur dicht, bei einer dritten Art fallen Dichtbrenntemperatur und Schmelztemperatur fast zusammen, z. B. bei den kalkhaltigen Thonen.

Außer der Bestimmung der Dichtigkeit empfiehlt es sich, das Porositätsvolumen zu ermitteln. Hierzu ist von Seger ein Apparat zur Ermittelung des Volumgewichtes zusammengestellt worden, der später bei der Prüfung der gebrannten Waren besprochen werden soll.

Mit dem Schwinden der Thone beim Trocknen und Brennen steht in engem Zusammenhange die Plastizität der Thone. Je mehr ein Thon geschwunden ist, desto plastischer ist derselbe für gewöhnlich; man hat also aus der Höhe der Schwindung einen Anhalt für die größere oder geringe Formbarkeit des Thones.

Ganz zuverlässige Plastizitätsmesser giebt es nicht, doch kann man annähernd den Grad der Plastizität mittelst des Jochum'schen Apparates (Thonindustrie-Ztg. Nr. 22, Jahrg. 1895) ermitteln.

Ungefähre Anhaltspunkte für die Plastizität des Thones hat man ferner aus folgendem:

4. Plastizitätsprüfung.

Ein Thon ist z. B. plastisch, wenn er mit soviel Wasser angemacht, daß er gerade von der Hand losläßt, beim Zusammendrücken bis zu einem gewissen Grade keine Kantenrisse zeigt.

Formt man Kugeln von verschiedenen Größen aus dem Thon, so dürfen diese, wenn die Verarbeitbarkeit eine gute und leichte sein soll, d. h., wenn der Thon plastisch ist, bis zur Hälfte zusammengedrückt, keine Risse an den Rändern erhalten.

Ein cylindrisches Stück eines plastischen Thones muß sich zu einem Ringe zusammenlegen lassen, ohne daß letzterer reißt oder Sprünge erhält.

Um Thone mit einander vergleichen zu können inbezug auf die Plastizität, hat man die Länge der Thonfäden gemessen**), die, aus einer Henkelpresse herausgepreßt, freihängen, bis sie durch ihre eigene Schwere abbrechen. Einen gewissen Anhalt über die Plastizität eines Thones erhält man auch, wenn man die Zugfestigkeit der Thone im feuchten Zustande ermittelt, doch ist es hierbei schwierig zu gut übereinstimmenden Resultaten zu kommen, da die mit Wasser angemachten Proben mehr oder minder rasch ihr Wasser abgeben, und dann infolge ihres verschiedenen Wassergehalts verschiedene Zugfestigkeiten aufweisen. Mit der Plastizität der Thone im engen Zusammenhange steht das Bindevermögen der Thone.

5. Bindevermögen.

Es ist dieses die Eigenschaft thoniger Substanzen mit Wasser angemacht, andere pulverförmige oder grobkörnige Magerungsmittel aufnehmen zu können, ohne daß die mechanische Festigkeit nach dem Trocknen der Masse leidet.

Bischof*) setzt den Thonen zur Ermittelung des Bindevermögens wie bei seiner Bestimmung des Feuerfestigkeitsgrades reinen Quarzsand zu und bezieht das Bindevermögen auf die Menge des zugesetzten Quarzes.

Bei der Bestimmung des Bindevermögens ist es jedoch durchaus nicht gleichgültig, welche Korngröße das zugesetzte Magerungsmittel hat, und ist es daher zur genauen Ermittelung des Bindevermögens notwendig, den Thonen feinere und gröbere Magerungsmittel zuzusetzen und die Mischungen zu prüfen.

Im Laboratorium des Verfassers geschieht diese Prüfung auf folgende Weise:

Aus dem reinen Thon und aus den verschiedenen Mischungen mit feinerem und gröberem Magerungszusatz werden

*) Kerl, Thonwaren S. 38.

**) T.-N. 9, 305, 13, 156; Dinglers J. 161, 3, 226, 195.

Zugfestigkeitskörper wie bei der Cementprüfung gemacht, nur daß dieselben in die Nierenform nicht eingeschlagen, sondern nach dem Anmachen mit so viel Wasser, daß die Masse gerade von der Hand losläßt, in die Form eingestrichen werden. Die Körper läßt man alsdann trocknen und bestimmt die Zugfestigkeit der lufttrockenen Mischungen.

Bei einem gewissen Zusatz der Magerungsmittel in bestimmter Form kommt man schließlich zu einem Punkt, an welchem die Zugfestigkeit geringer wird; man hat dann die Menge der höchst zulässigen Magerungsmittel festgestellt, die man dem betreffenden Thone zusetzen kann, ohne daß die mechanische Festigkeit darunter leidet.

Je nach der Korngröße der Magerungsmittel ist die Menge derselben auch verschieden; so kann man z. B. Thonen bedeutend weniger grobe Chamotte zusetzen als feinen Sand, und wird die Zugfestigkeit bei Zusatz von ersterem weit früher nachlassen als bei letzterem.

Hat sich beim Brennen der Probesteinchen bei den einzelnen Temperaturen herausgestellt, daß die untersuchten Thone feuerfest zu sein scheinen, so ist es notwendig, zur Beurteilung der Thone die Schmelzpunkte derselben zu bestimmen.

6. Schmelzpunktbestimmung.

Die pyrometrische Prüfung von Thonen und sonstigen feuerfesten Materialien geschieht im Laboratorium des Verfassers auf folgende Weise:

Zunächst werden aus den zu prüfenden Proben kleine dreiseitige Pyramiden von ca. 1 cm Grundkante und ca. 2 cm Höhe geformt.

Sind die Proben nicht frei von organischer Substanz, so müssen dieselben längere Zeit bei schwacher Rotglut verglüht werden, damit alle Kohle ausbrennt.

Die Probekörperchen werden dann in einem Tiegel aus höchst feuerfester thoniger Masse einer hohen Temperatur ausgesetzt, welche durch Seger'sche Schmelzkegel kontrolliert wird.

Alle Thone, deren Schmelzpunkte unterhalb des Seger-Kegels 26 liegen, werden als nicht feuerfest bezeichnet. Das

Erhitzen der Proben geschieht in einem deckellosen Deville'schen Ofen, der aus einem hohlen Cylinder aus feuerfestem Material besteht, und unten durch eine starke eiserne Platte begrenzt wird. Diese Platte hat in der Mitte eine Öffnung von 3 cm Durchmesser, um die zwei Reihen kleinere Löcher von 6 mm Bohrung in gleichem Abstand verteilt sind. Der 35 cm hohe, feuerfeste Cylinder ist mit einem eisernen Mantel umgeben, welcher über die gelochte Platte um 8 cm hinausragt und auf einem Eisenteller mit drei Füßen ruht, die in der Zeichnung (Figur 6) als abgebrochen wiedergegeben werden.

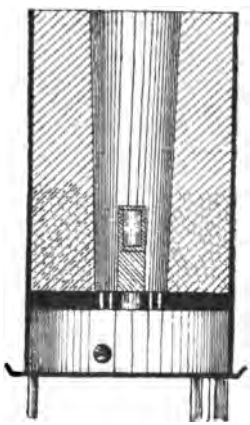


Fig. 6.

Der Raum zwischen Teller und Bodenplatte hat seitlich eine runde Öffnung von 25 mm Weite, durch welche Luft mittelst eines cylindrischen Blasebalges von 50 cm Durchmesser unter Druck eingeführt wird.

Den überstehenden aufgebogenen Rand des eisernen Tellers verschmiert man mit einem stark sandigen, nicht schwindenden Thon, damit hier die eingeblasene Luft nicht entweichen kann. Der Brennraum ist schwach konisch und hat unten 9 cm, oben 11 cm Durchmesser.

Die ca. 6 cm starke, feuerfeste Ausfütterung des Ofens besteht bis zu ca. 12 cm Höhe aus sinter gebranntem Magnesit der Carl Spaeter'schen Magnesitwerke in Veitsch (Steiermark). Der übrige Teil des Futters ist mit einem Gemisch von 90 Teilen sinter gebranntem Magnesit und 10 Teilen Zettlitzer Kaolin ausgestampft.

Ein solches Futter ist ungemein widerstandsfähig und ausdauernd.

Zur Herstellung der Versuchstiegel wird eine stark gebrannte Chamotte aus gleichen Teilen Aluminiumoxyd (Thonerde) und Zettlitzer Kaolin benutzt, der mit einem zum Formen erforderlichen Zusatz von Zettlitzer Kaolin verarbeitet wird. Die Untersätze der Tiegel bestehen aus feuerfester Chamottemasse, die nicht unter Seger-Kegel 35 schmilzt.

Zur Ausführung der Schmelzversuche verbindet man zuerst den Ofen mit dem Blasebalg, verschmiert den aufgebogenen Rand des Dreifußtellers mit sehr sandigem Thon und bereitet den Tiegel mit den Versuchskörpern vor. Die Tiegel haben eine Höhe von 50 mm, einen äußeren Durchmesser von 45 mm und 5 mm Wandstärke. Der Tiegeldeckel ist 5 mm stark und der Untersatz hat auch 45 mm Durchmesser und 50 mm Höhe. In den Tiegel schüttet man eine ca. 7 mm hohe Schicht eines feingesiebten Gemisches von Zettlitzer Kaolin und Thonerde und drückt diese fest. Jetzt setzt man in die Schicht die Versuchspyramiden und die Seger-Kegel abwechselnd im Kreise ein. Durch leichtes Eindrücken in die eingestreute Schicht erhalten Pyramiden und Körper den erforderlichen Halt. Mittelst einer langschenkligen, eisernen Zange bringt man den Tiegeluntersatz auf das große Loch der Bodenplatte, setzt sodann den zugedeckten Tiegel auf den Untersatz und beginnt zu feuern. Das Anheizen des Ofens geschieht in der Weise, daß man ca. 30 gr zusammengeknittertes Papier entzündet und in den Brennraum wirft, wobei der Blasebalg sehr langsam getreten wird, etwa 25 mal in der Minute. Auf das Papier kommen ca. 200 gr haselnußgroße Holzkohlen. Während des Tretens wird die weiße Asche des Papiers aus dem Ofen geschleudert. Hat die Holzkohle Feuer gefangen, so streut man eine abgewogene Menge zerkleinerten Retorten-Graphit in den Brennraum. Retorten-Graphit ist wegen des geringen Aschegehalts und der großen Dichtigkeit das geeignetste Brennmaterial. Die Zerkleinerung geschieht bis zur Haselnußgröße und wiegen ca. 300 Stückchen 1 kg. Das Treten des Blasebalgs wird gesteigert auf ca. 50 mal in der Minute und fortgesetzt, bis der Tiegel wieder deutlich sichtbar ist.

Man beginnt gewöhnlich mit 900 gr Retorten-Graphit, wodurch meistens Kegel 26 geschmolzen ist; um höhere Temperaturen zu erzielen, wird das Brennmaterial von Versuch zu Versuch um 25 gr vermehrt.

Will man den Ofen nach einem Versuch noch heiß benutzen, so werden der Tiegel und der Untersatz mit der langschenkligen Zange herausgenommen und die Überreste der

glühenden Kohlen durch die größere Öffnung in dem gelochten Boden in den unteren Raum gescharrt. Sodann setzt man einen neuen Untersatz und Tiegel ein, giebt 200 gr Holzkohlenstückchen darauf und dann die abgewogene Menge des Brennmaterials, wobei zu berücksichtigen ist, daß beim heißen Ofen 200—300 gr Graphit weniger erforderlich sind. Die genaue Menge ergiebt sich aus einigen Versuchen. Die Tiegel werden nach dem Erkalten vorsichtig aufgeschlagen. Beim Vergleich der Proben ist zu berücksichtigen, daß nur die Thone untereinander vergleichbar sind, während die Kegel lediglich anzeigen, bis zu welcher Temperatur die Proben erhitzt wurden.

Da die Ofenatmosphäre, je nachdem sie oxydierend oder reduzierend ist, einen großen Einfluß auf das Aussehen der Thone ausübt, außerdem die Beurteilung der Schmelzerscheinungen von der subjektiven Beurteilung des Experimentators abhängt, wird zweckmäßig nur der wirkliche Schmelzpunkt der Thone nach Seger-Kegeln angegeben, ohne daß auf das Verhalten der Thone bei niederer Temperatur näher eingegangen wird.

Den pyrometrischen Bestimmungen unterworfen werden nur hellbrennende Thone, da die gefärbten meist nicht zu den feuerfesten zählen, da sie unter Kegel 26 schmelzen. Bei den rotbrennenden Ziegelthonen begnügt man sich mit der physikalischen Prüfung und Bestimmung der Dichtbrenntemperatur. Anders dagegen ist es bei den hellbrennenden, kalkfreien Thonen, die feuerfest sind und zu den mannigfachsten, besseren Thonwaren verarbeitet werden. Von diesen werden außer den physikalischen und pyrometrischen Prüfungen auch chemische Untersuchungen angestellt, zum mindesten empfiehlt sich eine rationelle Analyse vorzunehmen.

Hat die rationelle Analyse einen hohen Gehalt an Thonsubstanz, oder die chemische Analyse einen über 20 Prozent liegenden Gehalt an Thonerde ergeben, so kann man annehmen, daß das betreffende Material feuerfest ist, und ist in diesem Falle eine pyrometrische Prüfung am Platze. Die Thonerde ist der Faktor, der den Grad der Feuerfestigkeit der Thone bedingt, doch spielen bei denselben auch noch andere Kom-

ponenten, besonders die Flußmittel, eine erhebliche Rolle. Aus dem Gehalt an Thonerde und den Flußmitteln kann man jedoch annähernd Schlüsse in Bezug auf den Feuerfestigkeitsgrad ziehen.

7. Wirkung der Flußmittel.

Die in den Thonen vorkommenden Flußmittel wirken jedoch nicht gleich; wir erfahren aus einer Arbeit von Richters „Über die Feuerbeständigkeit der Thone", daß die Schmelzung am meisten Magnesia befördert, weniger Kalk, noch weniger Eisenoxyd und am wenigsten Kali.

Durch Versuche von Cramer*) ist die Richtersche Beobachtung voll und ganz bestätigt und ferner dargethan worden, daß die Mischungen mit gemahlenem Sande erheblich leichter schmelzen, als die reinen Thone mit dem betreffenden Flußmittel.

Seger**) erwähnt in seiner Abhandlung „Über die chemische und mechanische Untersuchung der Thone und die Deutung der erhaltenen Resultate", daß der in dem Thon vorhandene Quarz nur dann stark verflüssigend auf den Thon wirkt, wenn er in so feiner Verteilung darin vorkommt, daß er nicht ausgeschlämmt werden kann und beim Brennen mit dem Thon leicht in Verbindung tritt. Es ist demnach der feine Quarzsand auch als Flußmittel anzusehen.

Ist der in einem Thon vorkommende Quarz in gröberen Körnern vorhanden, so leidet die Feuerfestigkeit des Thones wenig unter dieser Beimengung, wohl aber die Festigkeit der bei niederer Temperatur gebrannten Masse.

Oft wird man beim Brennen der Thone beobachten, daß einzelne nach dem Brennen keine große Festigkeit besitzen, sondern locker bleiben und sehr wenig widerstandsfähig sind, andere Sorten dagegen sind schon nach dem Brennen bei niederer Temperatur äußerst fest, klangvoll und unempfindlich gegen Schlag und Stoß.

---

*) Thonindustrie-Ztg. Jahrg. 1895.

**) Seger's Ges. Schriften S. 427, 454.

Seger*) sagt in einem Aufsatz: „Über Beziehungen zwischen Plastizität und Feuerfestigkeit der Thone", daß die hochplastischen Materialien auch nach dem Brennen eine große Festigkeit erhalten, während andere, z. B. die Kaoline, nach dem Brennen bis zu einer gewissen Temperatur (Kegel 15) oft sehr bröcklig sind und einen dumpfen Klang besitzen. Die Festigkeit nach dem Brennen ist also bedingt durch die Plastizität, durch die Anordnung der kleinsten Teilchen der Thone zu einander.

Je nach dem Grad der Plastizität sind auch die einzelnen Erscheinungen nach dem Brennen verschiedene und steht die Bildsamkeit der Thone im Zusammenhang mit der größeren und geringeren Festigkeit, die die Thone nach dem Trocknen und Brennen annehmen. Aus diesem Grunde brennen gut plastische Thone weit eher dicht, als unplastische, die infolgedessen nicht den Wert besitzen wie jene, selbst wenn sie feuerfest sind.

Hat die Schlämmanalyse einen großen Rückstand ergeben, so ist der Thon zu den weniger plastischen zu zählen, und wird die Schwindung desselben beim Trocknen und Brennen nicht so groß sein als bei einem Thon, der nur wenig Rückstand enthält. Die Festigkeit des ungeschlämmten Materials wird nach dem Brennen gering sein, ebenso das Bindevermögen, d. h. die Fähigkeit mehr Magerungsmittel aufzunehmen, ohne daß die Formbarkeit der Thone wesentlich leidet.

Bei niederer Temperatur wird der Klang des gebrannten Thones dumpf sein, während fette, plastische Thone schon bei niederer Temperatur hell und schön klingen.

Die Dichtbrenntemperatur der mageren Thone wird gewöhnlich höher liegen, als die der fetten Thone, die nur wenig ausschlämmbaren Rückstand enthalten. Bei vielen Thonen, zu diesen gehören auch die kalkhaltigen Thone, liegen oft Sinterungspunkt nnd Schmelzpunkt so nahe zusammen, daß sie fast zusammenfallen, und kann man bei diesen von einer Dichtbrenntemperatur oder Klinkerung nicht sprechen.

*) Seger's Ges. Schriften S. 424.

Ursachen allgemeiner technischer Fehler und Beseitigung derselben.

Bei der Untersuchung der Thone auf Verwendbarkeit empfiehlt es sich, stets die gefertigten Probesteinchen sehr langsam trocknen zu lassen, um den in den Thonen etwa vorhandenen Salzen Zeit zu lassen an die Oberfläche zu kommen.

Die das Aussehen der gebrannten Waren am meisten gefährdenden Salze sind die schwefelsauren Verbindungen in den Thonen, und zwar findet man die Schwefelsäure meistens an Kalk gebunden in Gestalt von Gips und Marienglas, oder als schwefelsaure Magnesia und Alkalien. Enthält ein Thon Gips in feiner Verteilung, so tritt derselbe, da er teilweise in Lösung gegangen ist, beim Verdunsten des Anmachewassers an die Oberfläche des Steines und bringt hier einen weißen Ausschlag hervor, der bei rotbrennendem Material ganz besonders deutlich hervortritt.

Marienglas oder stückiger schwefelsaurer Kalk, wie er sich in manchen Gegenden, z. B. in Hannover im Thone vorfindet, macht sich ähnlich wie der Quarz dadurch bemerkbar, daß er den Stein rissig macht. Die Fläche des Steines ist dann mit weißen Stellen durchsetzt, die den Stein unansehnlich und zu Verblendern untauglich machen.

Um schwefelsauren Kalk in stückiger Form unschädlich zu machen und zu entfernen, hilft nur das Schlämmen des Thones.

Den im Thon fein verteilten Gips resp. die schwefelsaure Magnesia u. s. w. kann man durch Zuschläge zerstören.

Ermittelung der Zuschläge zur Zerstörung des Gipses.

Zur Ermittelung der Zuschlagsmenge muß der Gehalt an wasserlöslichen Salzen bekannt sein. Dieser wird festgestellt durch die Bestimmung der Schwefelsäure in dem Thone, die schon beschrieben ist.

Bemerkt sei hier noch, daß man bei geringen Mengen von Gips die mit Chlorbaryum versetzte Lösung 12 Stunden lang auf dem geheizten Wasserbade stehen lassen muß. Der ausgeschiedene schwefelsaure Baryt wird abfiltriert, mit heißem

Wasser gewaschen und nach dem Veraschen gewogen und auf Gips umgerechnet.

Enthält der Thon Gips in Stücken, so kann man jedoch diese Bestimmung, um die Mengen der Zuschläge zu erfahren, nicht anwenden.

Man kann sich zur Ermittelung der Zuschläge auch eines Apparates bedienen, der im Laboratorium für Thonindustrie entstanden ist, und mit dem die Zuschlagsmengen ermittelt werden, die für die löslichen Anteile des Gipses notwendig zur Zerstörung desselben sind.

Man beschickt mehrere Flaschen von ca. $^1/_2$ Liter Inhalt mit je 100 gr des zu untersuchenden Thones. Zu dem Thon wird dann so viel Wasser gegeben, daß die Flaschen etwa $^3/_4$ voll sind. Alsdann wird jede Flasche durchschüttelt, damit sich der Thon im Wasser fein verteilt und so einen dünnen Schlamm bildet. Zu jedem dieser aufgeschlämmten Thone wird dann eine bestimmte Menge Chlorbaryumlösung hinzugegeben, deren Gehalt bekannt ist. Am zweckmäßigsten nimmt man eine ziemlich dünne Chlorbaryumlösung, und benutzt man für gewöhnlich eine solche, die in 1 ccm = 0.01 gr Chlorbaryum enthält. Die Flaschen werden numeriert und aus einer Bürette (Fig. 7) mit 1, 2, 3, 4 etc. ccm Chlorbaryumlösung versetzt.

Die Bürette wird durch Öffnen des Hahnes 1 und Hineinblasen durch den Gummischlauch bis zur 0 Marke gefüllt, worauf der Hahn 1 geschlossen wird. Man öffnet nun den Hahn 2 und läßt in die numerierten Flaschen Chlorbaryumlösung laufen und zwar in No. I bis zum ersten, in No. II bis zum zweiten Teilstrich und so fort. Man schüttelt nun ordentlich durch und läßt die Flaschen 12 Stunden an einem warmen Ort stehen. Nach 12stündigem Stehen, während welcher Zeit man die Flaschen zehn- bis zwölfmal umgeschüttelt hat, giebt man so viel Kalkmilch hinzu, daß die Flaschen nahezu gefüllt sind und nimmt dann nach einiger Zeit von der klar überstehenden Flüssigkeit ca. 100 ccm ab. Um die klare Flüssigkeit ablaufen zu lassen, dreht man das Glasrohr der Flasche so weit herum, daß das Rohr wagerecht steht und läßt nun die auslaufende Flüssigkeit durch ein Filter in den Steh-

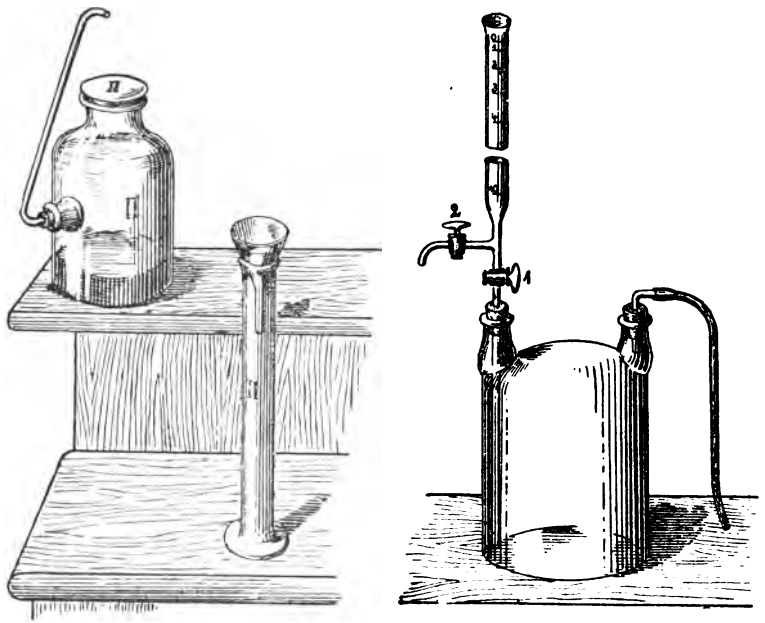


Fig. 7.

cylinder laufen, der dieselbe Nummer wie die Flasche hat. Zu dem klaren Filtrat giebt man dann aus einem Tropffläschchen ca. zehn Tropfen Schwefelsäure hinzu und beobachtet, ob nach einiger Zeit eine weiße Trübung eintritt.

Ist letzteres nicht der Fall, so läßt man aus No. II 100 ccm durch ein neues Filter in den Cylinder II ablaufen und prüft wieder mit 10 Tropfen Schwefelsäure. Tritt auch hier noch keine Trübung ein, so macht man es mit No. III ebenso, bis man, falls in No. III auch noch keine Füllung sichtbar ist, schließlich an die Flasche kommt, die auf Zusatz von 10 Tropfen Schwefelsäure einen weißen Niederschlag zeigt. Tritt dieses z. B. in No. VI ein, so ist in No. V schon genügend Chlorbaryum zugesetzt worden.

Man sieht dann in der Tabelle unter V nach, wie viel Chlorbaryum und wie viel kohlensauren Baryt man auf 100 kg Thon zur Zerstörung der schädlichen Salze zusetzen muß.

Der Tabelle wurde zu Grunde gelegt, daß $^3/_4$ bis $^4/_5$ der im Thon enthaltenen Sulfate durch Chlorbaryum zersetzt

werden sollen, während zur Zerstörung des Restes Baryumcarbonat verwendet wird. Letzteres Verfahren hat sich in allen Betrieben gut bewährt; jedoch könnte man ebenso gut nur Chlorbaryum oder nur Baryumcarbonat verwenden; es kommt aber bei der Anwendung des ersteren leicht vor, daß bei einem geringen Überschuß dieses selbst Ausschläge hervorruft. Deshalb werden, um sicher zu gehen, nur $^3/_4$ bis $^4/_5$ der erforderlichen Menge zugesetzt und der Rest durch das träg wirkende Baryumcarbonat beseitigt.

Die Tabelle ist, wenn die Chlorbaryumlösung 0.01 gr Baryumchlorid in 1 ccm enthält, folgende:

Auf 10 gr Thon braucht man bei einem Verbrauch von:

	Chlorbaryum	kohlensauren Baryt
I =	1 ccm = 7.5 gr.	5.0 gr.
II =	2 ccm = 15.0 „	10.0 „
III =	3 ccm = 22.5 „	15.0 „
IV =	4 ccm = 30.0 „	20.0 „
V =	5 ccm = 37.5 „	25.0 „
VI =	6 ccm = 45.0 „	30.0 „
VII =	7 ccm = 52.5 „	35.0 „
VIII =	8 ccm = 60.0 „	40.0 „
IX =	9 ccm = 67.5 „	45.0 „
X =	10 ccm = 75.0 „	50.0 „

Diese Zuschläge werden dem Thon zu einer Zeit zugesetzt, wo die Salze auch genügend zur Wirkung kommen, also z. B. am zweckmäßigsten während des Sumpfens. — Die schwefelsauren Salze stammen jedoch nicht immer aus dem Thone, sehr häufig ist auch das zur Thonverarbeitung notwendige Wasser daran schuld, und ist es daher stets zweckmäßig, Thon und Wasser auf Schwefelsäure zu prüfen.

Nächst den häufigeren weißen Verfärbungen zeigen einige Thone nach dem Trocknen und Brennen dunklere Stellen, die oft schmutzigrot bis braunrot werden. Die Verfärbungen rühren von einem Gehalt an Schwefelkies her. Dieser ist in sehr feiner Verteilung in dem Thon vorhanden und wird besonders beim feuchten Lagern allmählich oxydiert und in lösliche schwefelsaure Eisensalze übergeführt, die für sich an die Ober-

fläche des Steines treten. Nach dem Brennen bleibt dann das Eisenoxyd als brauner Fleck zurück, oder aber es tritt bei geringen Mengen, besonders bei einigen weißbrennenden Thonen und Kaolinen, als schwache Gelbfärbung auf.

Diese Verfärbungen kann man ebenfalls durch sorgfältigstes Schlämmen oder Waschen des Thones entfernen und beseitigen. Einen gleichmäßig gefärbten Scherben (wenigstens an der Oberfläche) erhält man außerdem dadurch, daß man erst mit rauchender Flamme und dann wieder oxydierend brennt. Dieselben Erscheinungen, wie der verwitternde Schwefelkies, ruft der Vivianit hervor, der sich in manchen Thonen z. B. auch in Westpreußen vorfindet. Vivianit ist ein Mineral, das aus phosphors. Eisen besteht und sich in schöner blauer Farbe vorfindet. Beim Brennen wird die Verbindung zerstört und es entsteht an der Stelle, wo im Rohthon der blaue Vivianit gesessen hat, ein brauner Fleck resp. eine braune Ader.

Die eben besprochenen weißen und dunklen Anflüge sind nicht zu verwechseln mit den Verfärbungen beim Brennen, welche auf folgende Weise entstehen.

Verfärbungen beim Brennen.

Jede Kohle enthält mehr oder weniger größere Mengen von Schwefel (1—5 Prozent). Beim Verbrennen der Kohle wird nun auch der Schwefel verbrannt, der sich dabei als schweflige Säure verflüchtigt. Diese sucht sich nun begierig — nach dem Oxydieren zu Schwefelsäure — mit anderen Stoffen zu verbinden und Salze zu bilden. Sie bemächtigt sich daher der Basen des Thones, und ist es besonders in erster Linie der Kalk, dessen sich die Säure versichert. Daher zeigt unter den gleichen Bedingungen ein kalkhaltiger Thon mehr Ausschläge als ein kalkfreier, und müssen im letzteren Falle zur Bildung von schwefelsauren Salzen Thonerde, Eisenoxyd und Bittererde herhalten.

Verbindet sich die schweflige Säure mit Kalkerde, Thonerde, Bittererde, so entstehen weiße Verfärbungen, geht dieselbe mit dem Eisenoxyd Verbindungen ein, so sind die Verfärbungen dunkel. Gegen diese Verfärbungen kann man sich

nur schützen, wenn man nur ganz trockene Steine in den Ofen bringt. Die Schwefelsäure kann sich dann nicht so leicht niederschlagen, wie auf dem noch feuchten Stein, sondern streicht über den gut vorgetrockneten Stein, ohne Anflüge zu hinterlassen, hinweg. Rote Verfärbungen können außerdem noch durch Flammenwirkung entstehen, und beobachtet man diese Erscheinungen besonders deutlich bei hellgelben Steinen, die nur wenig Eisen enthalten. Dort, wo die direkte Flamme den Stein berührt, entstehen rote, flammige Stellen, die ebenfalls das Aussehen der Steine beeinträchtigen und infolgedessen die Ware minderwertig machen. Bei gelben Verblendsteinen sind außer weißen und braunen Verfärbungen noch grünliche und blaue beobachtet worden,*) die auf Cobalt oder Chromverbindungen zurückgeführt worden sind.

Seger**) bewies, daß grünliche Verfärbungen auf einen Gehalt an Vanadin zurückzuführen seien, das in einigen Braunkohlenthonen nachweisbar war.

Diese grünlichen und grünlich-blauen Verfärbungen, die besonders bei schwach gebrannten Steinen oft in größeren Mengen beobachtet werden konnten, werden bis jetzt nur durch höheren Brand vermieden, wobei man abwechselnd schwach rauchend und rauchfrei brennen muß.

Nach dem Brennen beobachtet man auch ferner oftmals dunklere Stellen in dem Stein resp. Scherben. Diese Flecke sind auf einen Gehalt an stückigem Schwefelkies zurückzuführen, der bei einer gewissen Temperatur (Segerkegel 05—1) ausschmilzt und dann an der Stelle einen größeren oder kleineren schwarzen Fleck zurückläßt, je nach der Größe des Schwefelkieskornes. Die größeren Schwefelkiesstücke müssen, um das Ansehen der Waren zu verbessern, durch Schlämmen entfernt werden.

Ist der Schwefelkies neben organischen Substanzen in sehr feiner Verteilung vorhanden, so beobachtet man, besonders bei sehr fetten Thonen, daß die aus dem betr. Material her-

*) Thonindustrie-Ztg. 1877 No. 26.

**) Deutsche Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1877 No. 34.

gestellten Waren bei einer gewissen Temperatur (Segerkegel 05—1) stark zu wachsen und zu blähen beginnen und bei etwas rascherem Brennen vollständig hoch gehen, so daß die Steine rund werden. Schlägt man einen solchen Stein auseinander, so ist er stets im Innern schwarz und unausgebrannt, während die Oberfläche dicht ist. Diese ist also früher dicht, als die Gase aus dem Innern verdunstet sind, die als Kohlensäure aus der organischen Substanz, oder als schweflige Säure aus dem Schwefelkies stammen und entweichen möchten, aber durch die dichtgebrannte Oberfläche verhindert werden auszutreten, was eine Deformierung des Steines zur Folge hat. Oft hat es den Anschein, als wenn die Steine im Feuer verdrückt worden sind, und doch ist dieses nicht der Fall, da das mit Ziegelmehl gemagerte Material höhere Temperaturen gut aushält.

Um ein Wachsen und Blähen solcher Thone zu verhindern und ein leichtes Durchbrennen zu ermöglichen, werden denselben Magerungsmittel zugesetzt. Je nach den Mitteln, die den betr. Fabrikanten zu Gebote stehen, verwendet man dazu Sand, Ziegelmehl, Kohlen- und Kokes-Klein, Sägemehl etc.

Diese Magerungsmittel verhindern ein frühes Dichtbrennen der Oberfläche, die Gase können austreten und nun behält der Stein somit seine ursprüngliche Form bei.

Schädliche Bestandteile in körniger Form: Kohlensaurer Kalk.

Für die Thonwarenfabrikanten jedoch am meisten verderblich ist der kohlensaure Kalk, von dem oft geringe Mengen nicht beachtet werden, was sich später bitter rächt.

Der kohlensaure Kalk findet sich häufig in größeren und kleineren Mengen von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zur Größe einer Wallnuß und darüber in vielen Braunkohlenthonen und gewöhnlichen Ziegelthonen. Derselbe verliert beim Brennen der Thonwaren seine Kohlensäure, und es resultiert Calciumoxyd, das aus der Luft Wasser anzieht und sich in Calciumhydroxyd verwandelt. Mit dem Ablöschen des gebrannten Kalkes vergrößert derselbe sein Volumen und es ent-

stehen zunächst Risse in den Steinen, die sich nach und nach vergrößern, bis schließlich ein Steinstück abgesprengt wird. Auf der Sprengfläche kann man dann mühelos als die Ursache des Zerfalls ein Kalkstück erkennen, das schon bröcklig geworden ist und sich zum größten Teil abgelöscht hat.

Man kann nun auf mehrfache Weise die zerstörende Wirkung des Kalkes aufheben oder denselben unschädlich machen.

1. Man entfernt den stückigen kohlensauren Kalk ganz. Dieses geschieht durch Schlämmvorrichtungen, die, als am sichersten wirkend, stets am meisten zu empfehlen sind, zumal da sich die Unkosten nicht mehr so hoch stellen als früher und etwa 1 bis 2 Mark pro Mille betragen. Enthält der betr. Thon kohlensauren Kalk in feiner Verteilung nur in geringen Mengen, so wird durch das Schlämmen die Brennfarbe des Thones erheblich verbessert, es bringen sich dann die Unkosten, da man schön gefärbte Steine erhält, reichlich ein.

Der in feiner Verteilung vorkommende Kalk, der sich nicht ausschlämmen läßt, schadet der Fabrikation nicht mehr, denn die gebrannten Thonwaren, die fein verteilten Kalk enthalten, wie z. B. die Ofenkacheln, gewisse Steingutwaren etc. halten sich an feuchter Luft gut. Hierauf fußend, macht man:

2. den Kalk durch Feinmahlen unschädlich. Die Mahlung muß jedoch sehr sorgfältig und durchweg eine sehr feine sein, so daß auf dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter kein Rückstand mehr hinterbleibt. Achtet man nicht auf die sorgfältigste Mahlung, so erreicht man gerade das Gegenteil von dem, was man zu erreichen wünscht, und man erhält in dem Falle erheblich mehr durch Kalk zerstörte Stücke, als vor dem Mahlen, wenn sich nämlich nur vereinzelte Kalkstücke in dem Thon vorfanden. Eine unvollständige Mahlung hat schon große Betriebsstörungen hervorgerufen, und setzt man sich beim Schlämmen des kalkhaltigen Thones einer solchen Eventualität nicht aus.

3. Eine dritte Art, den Kalk unschädlich zu machen, ist folgende:

Die aus dem kalkhaltigen Material hergestellten und gebrannten Steine werden, nachdem sie aus dem Ofen kommen,

noch warm in eine eigens dazu hergerichtete Grube mit Wasser gefahren und dort so lange belassen, als noch Blasen hochsteigen. Der Kalk wird auf diese Weise plötzlich abgelöscht oder ersäuft. Die Poren des Steines füllen sich mit Kalkmilch, die den Porenraum verschließt, so daß keine Luft mehr hinzutreten kann, es ist also der unabgelöscht gebliebene Kalk nicht mehr imstande, zerstörend wirkend auftreten zu können.

Diese Methode hat jedoch den Übelstand, daß die entstehende Kalkmilch den Scherben unansehnlich macht und weiß verfärbt. Die so behandelten Steine sind daher nur zu Hintermauerungssteinen zu verwerten.

Ein Schlämmen des Thones ist zur Erzielung besserer Ware auch dieser Methode vorzuziehen.

Außer dem stückigen kohlensauren Kalk können Quarz und Gesteintrümmer die Thonwaren rissig machen, und beruht das auf folgendem:

Die Gesteintrümmer, besonders aber der Quarz, haben die Eigenschaft, sich im Feuer auszudehnen.

Durch diese Ausdehnung wird der aus dem Thon hergestellte Gegenstand zerstört; derselbe erhält Risse, die nach der Größe des Stein- oder Quarzstückes verschieden groß sind. Zur Vermeidung dieses Übelstandes werden die größeren Stücke, die Lesesteine, durch Aussuchen entfernt, während man die kleineren auf zweierlei Weise unschädlich machen resp. entfernen kann.

Entweder werden dieselben wie der Kalk ausgeschlämmt, oder man läßt den Thon durch ein Walzwerk gehen, das die Stücke zerquetscht.

Bei einigen Thonsorten entfernt man die Stücke durch Absieben.

Enthält der geschlämmte Thon noch genügende Mengen feiner Magerungsmittel, so wird man das Schlämmen vorziehen; ist der geschlämmte Thon dagegen sehr fett und die Schwindung zu groß, sodaß also der Thon gemagert werden müßte, so wird man in den meisten Fällen das Zerkleinern der Quarz- und Steinstücke durch ein Walzwerk vornehmen.

Rissigwerden der Thone beim Trocknen.

Einige Thone zeigen beim Trocknen die Eigenschaft, sich zu verziehen und rissig zu werden. Besonders kann man dieses bei sehr fetten Thonen beobachten.

Um diesem Übelstande abzuhelfen, giebt es zwei Wege. Entweder hat man für eine subtile Trocknung zu sorgen, d. h. die aus den betr. Thonen hergestellten Waren dürfen nicht an freier Luft, sondern müssen vielmehr in einem Raume getrocknet werden, in welchem die Luftzufuhr regulierbar ist, oder aber man beseitigt die Gefahr dadurch, daß man den Thonen Magerungsmittel zusetzt, doch wird letzteres bei manchen Thonen nicht immer angängig sein, ohne daß die Verformbarkeit der Thone erheblich leidet. Einige fette Thone zeigen nach dem Brennen große Sprödigkeit und Empfindlichkeit gegen den geringsten Temperaturwechsel. Da sie gegen Schlag und Stoß nicht widerstandsfähig genug sind, lassen sich die aus solchen Thonen hergestellten Waren schlecht transportieren.

Sprödigkeit gebrannter Ware.

Diese Sprödigkeit benimmt man den Thonen ebenfalls durch Zusatz von Magerungsmitteln und haben sich besonders Kohlen-, Kokes-Klein und Sägemehl bewährt, besonders bei feuerfesten Waren. Bei der Magerung mit Kohle ist jedoch darauf Rücksicht zu nehmen, daß dieselbe möglichst wenig Schwefel enthält, da sonst leicht Verfärbungen hervorgerufen werden können.

Ungleichmäßiges Saugen beim Glasieren.

Bei allen Thonwaren ist auf eine sorgfältigste Homogenisierung der Massen zu achten, besonders aber bei denen, die mit Glasuren versehen werden. Das ungleichmäßige Saugen beim Glasieren rührt entweder daher, weil die Masse ungenügend durchgearbeitet und ungleichmäßig ist, oder aber es haben sich fremde Bestandteile auf den Scherben gesetzt, die das Glasieren erschweren. Wird der geglühte Scherben glasiert, so kann ein ungleichmäßiges Saugen auch auf ungleichmäßiges Feuer zurückgeführt werden, d. h. der Scherben hat an ein-

zelnen Stellen direktes Feuer bekommen und zeigt Flammenwirkungen.

Diese Stellen sind dichter als die anderen, und nimmt der Scherben daher hier die Glasur weniger an. Gebrannte Scherben, die Flammenwirkungen zeigen, werden besser nicht glasiert.

Haben die zu glasierenden Gegenstände längere Zeit gestanden, so ist es zweckmäßig, dieselben vor dem Glasieren mit einem nassen Schwamm zu überwischen, um die Staubteilchen von der Oberfläche zu entfernen.

Entfernt man den Staub nicht von den zu glasierenden Gegenständen, so findet sehr häufig ein Aufrollen der Glasur statt, trotzdem sie gut geflossen ist.

Will man brauchbare, glasierte Waren erhalten, so sind gewisse Vorsichtsmaßregeln, wie die oben angegebenen, niemals außer acht zu lassen, auch dürfen die Glasuren nicht zu dick aufgetragen werden, ebenso müssen dieselben mit der nötigen Vorsicht gebrannt werden.

Von einer guten Glasur verlangt man, daß sie gleichmäßig geflossen und blank ist, haarrissefrei und wetterbeständig bleibt.

Soll eine Glasur fehlerfrei sein, so ist es erforderlich, daß für jeden Scherben eine passende Glasur ausprobiert wird, da es nur wenige Glasuren giebt, die sich für mehrere Scherben eignen.

Ist die Glasur nicht dem Scherben angepaßt, so erhält dieselbe Risse, wird abgestoßen oder blättert ab. Der Schmelzpunkt der Glasur muß so eingerichtet sein, daß bei der Brenntemperatur des betr. Scherbens dieselbe vollständig blank wird, doch darf die Glasur auch nicht zu leichtflüssig sein, da sie sonst abfließt oder von dem nicht gar gebrannten Scherben aufgesogen wird und durchschlägt.

Um ein Rissigwerden der Glasur zu vermeiden, muß dieselbe so beschaffen sein, daß sie dieselbe Ausdehnung resp. Schwindung wie die Masse hat. Doch nicht immer genügt diese Eigenschaft, sondern es kommt auch auf die Art des Auftragens der Glasur an; wird dieselbe zu dick aufgetragen, so entstehen ebenfalls Risse, die sich oft auch auf den Scherben

übertragen, und wird in diesem Falle letzterer von der Glasur zerstört.

Zur Beseitigung der Risse kann man die Glasur höher brennen, falls es Scherben und Glasur gestatten, ohne daß der erstere schmilzt und die Farbe der letzteren leidet. Ist ein höheres Brennen nicht angebracht, so muß die Zusammensetzung der Glasur resp. des Scherbens geändert werden. Bestimmte Regeln lassen sich hierfür nicht aufstellen und muß dies zweckmäßig in der Praxis oder durch ein Spezial-Laboratorium ausprobiert werden. Bei fehlerhaften Glasuren empfiehlt Seger*), wenn der Scherben in seiner Zusammenstellung erhalten bleiben soll, an der Glasur folgende Veränderungen vorzunehmen.

1. Bei dem Eintreten von Haarrissen:

a) Erhöhen des Gehaltes an Kieselsäure oder Verminderung der Flußmittel. Es wird also der Schmelzpunkt der Glasur erhöht. Der Zusatz von Kieselsäure darf jedoch nicht so hoch gehen, daß ihr Verhältnis zu den Flußmitteln das eines dreifach sauren Silikates überschreiten. Ist eine weitere Erhöhung notwendig, so muß gleichzeitig Thonerde mit eingeführt werden, derart, daß durch diesen Thonerdegehalt die Säuerungsstufe unter derjenigen des dreifach sauren Silikates erhalten bleibt; im anderen Falle neigt die Glasur zum Entglasen.

b) Unter Belassung der übrigen Verhältnisse durch Erhöhung des Borsäure- auf Kosten des Kieselsäuregehaltes. Hierdurch wird die Glasur leichtflüssiger.

c) Durch Ersatz eines der Flußmittel mit höherem Äquivalentgewicht (z. B. Mennige) durch ein solches mit niedrigem Äquivalentgewicht (z. B. Kalkerde). Der Prozentgehalt an Kieselsäure wird dadurch erhöht und die Glasur schwerflüssiger.

Eine Glasur von dem Typus:

$$PbO,\ 0.25\ Al_2O_3,\ 2.5\ SiO_2,$$

*) Seger's Ges. Schriften S. 458.

die bei Segerkegel 010 blank wird, kann bis zum Typus:

$$\frac{0.8\,PbO}{0.2\,CaO}\,0.25\,Al_2O_3,\,2.5\,SiO_2$$

verändert werden, ohne daß der Schmelzpunkt sich erheblich ändert.

2. Beim Eintreten von Absprengungen der Glasur, Einreißen der Ränder u. s. w.

a) Durch Erniedrigung der Kieselsäure- resp. Erhöhung des Flußmittelgehaltes der Glasur.

Die Erniedrigung darf jedoch nicht soweit gehen, daß das Verhältnis von Kieselsäure zu Flußmitteln nicht unter das zweifach saure Silikat sinkt.

Enthält die Glasur Thonerde, so muß dieser Gehalt an Thonerde gleichzeitig herabgesetzt werden. Hierbei wird der Schmelzpunkt der Glasur erniedrigt.

b) Unter Belassung der übrigen Verhältnisse durch Verminderung des Borsäuregehaltes auf Kosten der Kieselsäure.

Der Schmelzpunkt der Glasur wird dadurch erhöht.

c) Durch Ersatz eines der Flußmittel mit niedrigem Äquivalentgewicht (z. B. Kalkerde, Natron), durch ein solches mit hohem Äquivalentgewicht (z. B. Baryt, Bleioxyd). Dadurch tritt Verminderung des prozentualen Gehaltes an Kieselsäure ein, und ist damit eine Erniedrigung des Schmelzpunktes der Glasur verknüpft.

Im allgemeinen bekommt man Haarrisse bei bleifreien Glasuren am besten durch einen erhöhten Sandzusatz hinweg, während bei Bleiglasuren der Sandzusatz nicht immer hilft, sondern die Risse bestehen bleiben, selbst wenn man den Sandzusatz so hoch stellt, daß die Glasur zu schwerflüssig und nicht mehr vollständig blank wird.

Bei den Bleiglasuren hat sich vielmehr herausgestellt, daß die Risse leichter hinweggebracht werden, wenn man der Glasur Sand entzieht oder den Thongehalt erhöht.

Eine Bleiglasur neigt am wenigsten zum Haarrissigwerden und ist am meisten wetterbeständig, wenn der Gehalt an Thon-

erde möglichst hoch ist, soweit es der Schmelzpunkt der Glasur gestattet.

Blindwerden der Glasur.

Durch erhöhten Thonzusatz wird also eine Glasur wetterbeständiger gemacht; es empfiehlt sich daher, den Glasuren, die beim Liegen an der Luft blind werden, mehr Thon hinzuzusetzen, um sie widerstandsfähiger gegen die Einflüsse der Witterung zu machen.

Dieses Blindwerden der Glasuren an der Luft infolge der Witterungseinflüsse ist nicht zu verwechseln mit dem Erblinden der Glasur im Ofen; dieses kann auf mancherlei Weise erklärt werden. Entweder ist die Glasur zu schwerflüssig, sie hat also nicht genügend in Fluß kommen können, oder aber die Glasur hat rauchendes Feuer, Flugasche u. s. w. erhalten. Das rauchende Feuer zerstört besonders leicht die Blei- und Borsäure-Glasuren, bei denen sich ein Teil der Flußmittel verflüchtigt, die Glasur also schwerer schmelzbar wird und nicht mehr bei der Temperatur blank werden kann, für welche sie eingerichtet ist. Ist die Glasur zu schwerflüssig, d. h. ist der Sand- resp. Thongehalt der Glasur zu hoch, so müssen diese herabgesetzt werden oder die Flußmittel vermehrt werden.

Beim Einbrennen von Blei- und anderen leicht reduzierbaren Glasuren muß rauchendes Feuer nach Möglichkeit vermieden werden, auch müssen die glasierten Waren gegen Flugasche geschützt sein. Dieses geschieht, indem man die glasierten Waren mit Steinen umgiebt, die mitgebrannt werden und eventuell als Mauersteine verwendet werden, oder aber man brennt die glasierten Thonwaren-Erzeugnisse in Kapseln.

Am Empfindlichsten gegen rauchendes Feuer und Flugasche ist die leicht schmelzende, grüne Glasur, die bei geringem, rauchendem Feuer zwar noch blank wird, aber schon Schraffierungen erhält, die die Glasur unansehnlich machen. Bei stärkerem reduzierenden Feuer wird jedoch die grüne, leicht schmelzende Bleiglasur soweit zerstört, daß die grüne Farbe vollständig verloren geht, ins schwärzliche spielt und vollständig blind wird.

Entglasen.

Eine Entglasung kann jedoch nicht nur durch einen zu hohen Gehalt an Kieselsäure oder durch rauchendes Feuer herbeigeführt werden, sondern es kann dieselbe auch durch einen Gehalt an schwefelsauren und Chlor-Salzen hervorgebracht werden.

Diese Entglasung durch Schwefelsäure oder Chlor wird herbeigeführt:

1. Wenn die Glasur-Rohmaterialien Schwefelsäure oder Chlor enthalten;
2. wenn durch die Brenngase diese der Glasur zugeführt werden;
3. wenn das zur Verwendung kommende Wasser Schwefelsäure oder Chlor enthält;
4. wenn die Masse selbst schwefelsaure Salze oder Chlormetalle enthält.*)

Die Entglasung durch die Schwefelsäure wird dadurch herbeigeführt, daß dieselbe beim Schmelzen der Glasur nicht von derselben aufgenommen wird. Die schwefelsauren Salze werden nämlich bei der niedrigen Temperatur nicht zersetzt, sondern erst vollständig dann, wenn dieselbe eine derartig hohe geworden ist, wie sie beim Einschmelzen von Glasuren fast nie erreicht wird; selbst bei hohen Temperaturen gelingt es, die Schwefelsäure nur mit Hilfe von reduzierenden Mitteln vollständig auszutreiben.

Aus diesem Grunde setzt man bei der Glasfabrikation der Schmelze Kohle hinzu, wenn für die Glasmasse Glaubersalz, d. i. schwefelsaures Natron, angewandt worden ist.

Schwefelsäurehaltige Glasuren zeigen die Eigenschaft, der Luft ausgesetzt, sehr bald zu beschlagen. Es entstehen weiße Überzüge und oft selbst deutlich erkennbare Kryställchen, die man von der Glasur entfernen kann, die sich aber nach einiger Zeit wieder erneuern.

Auch werden durch die Schwefelsäure in der Glasur oft kleine Bläschen hervorgerufen, die dadurch entstanden sind,

*) Seger's Ges. Schriften. S. 460, 508.

daß ein Teil der Säure beim Schmelzen entweichen möchte, aber nicht imstande dazu ist, weil sich gleichseitig eine Schicht von Galle gebildet hat, die das Platzen der Bläschen verhindert. Es entsteht nun Bläschen neben Bläschen, die dicht gelagert, die Glasur schaumig und blind erscheinen lassen. Um diesen Glasurfehler zu beseitigen, ist es notwendig, durch einen Chemiker oder Fachmann erforschen zu lassen, woher die Schwefelsäure stammt.

Zu diesem Zwecke muß:

1. Die Glasur selbst im rohen Zustande,
2. das zur Verwendung kommende Wasser,
3. die Scherbenmasse auf Schwefelsäure untersucht werden.

Enthält die Glasur Schwefelsäure, so müssen die zur Glasur verwandten Rohmaterialien auf Schwefelsäure untersucht werden. Gewöhnlich wird dann die Glasurfritte unter Beigabe von 2 Prozent Soda gut mit Wasser ausgewaschen, um die schwefelsauren Salze, die noch löslich sind, zu entfernen. Ist in dem zur Verwendung gekommenen Wasser Schwefelsäure nachgewiesen worden, so ist dasselbe zu verwerfen, oder aber die löslichen, schwefelsauren Salze müssen in unlösliche übergeführt werden. Dieses geschieht hierbei, sowie bei der Scherbenmasse dadurch, daß dem Wasser oder dem Thon die zur Bindung der Schwefelsäure nötigen Mengen Baryt hinzugesetzt werden, so daß dieselbe unschädlich gemacht wird. Hat man bei der Untersuchung weder in der rohen Glasur, noch im Wasser, noch in der Masse Schwefelsäure nachweisen können, so ist dieselbe auf andere Weise in den Scherben und auf die Glasur gekommen. Es kann die Schwefelsäure von außen entweder durch die zur Verwendung gekommenen Gipsformen, oder aber auch durch die Feuergase eingeführt worden sein.*)

Werden die aus der Form stammenden Gips-Partikelchen nicht entfernt, so entstehen leicht beim Brennen im oxydierenden Feuer Pocken und Blasen, im reduzierenden Feuer jedoch

*) Seger's Ges. Schriften S. 511.

wird wie bei den Glasflüssen die Schwefelsäure in schweflige Säure übergeführt, welche sich verflüchtigt.

Die zum Brennen der Thonwaren benutzten Stein- und Braunkohlen enthalten stets etwas Schwefel.

Dieser wird beim Brennen in schweflige Säure verwandelt, die mit dem aus dem Brennmaterial oder aus den feucht eingesetzten Thonwaren verdampfenden Wasser sich in Schwefelsäure verwandelt, die sich, wenn der Ofen und der Einsatz nicht vorgewärmt, sondern kalt sind, mit dem Wasser zusammen auf den Thonwaren niederschlägt, wo sich nun schwefelsaure Salze bilden, die die Glasur nach dem Brennen mit einer dünnen Schicht überziehen.

Durch dieses saure Schrühwasser wird außerdem ein Durchschlagen der Farben herbeigeführt, da die meisten Farben durch das saure Wasser gelöst werden und nach der anderen Seite der Thonwaren hingeführt und abgesetzt werden.

Zur Vermeidung dieser Erscheinungen benutzt man am besten ein Brennmaterial, das möglichst wenig Schwefel enthält, oder aber die glasierten Waren müssen möglichst trocken in den Ofen gebracht werden, bei dem man für einen kräftigen Luftzug sorgt, sodaß die Luft nicht zum Stehen kommt und so dem Schrühwasser nicht Gelegenheit giebt, sich niederzuschlagen.

Bei höher schmelzenden bleifreien Glasuren sucht man auch durch abwechselndes Brennen im reduzierenden und oxydierenden Feuer die schwefelsauren Salze zu zerlegen und die sich bildende schweflige Säure zu verjagen. Wie schon erwähnt, kann man jedoch nicht immer dieses Mittel anwenden, da viele gefärbte Glasuren durch das rauchende Feuer leiden.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß die Herstellung einer brauchbaren Glasur auch für den Fachmann nicht immer leicht ist, wenn nicht sorgfältigste Beobachtungen angestellt werden; man thut gut, die für die Scherben geeignete Glasur von einem Spezial-Laboratorium ermitteln zu lassen. Auch dann ereignet es sich jedoch auch manchmal, daß die betreffenden Fabrikanten die Glasur nicht gut aus dem Ofen erhalten können, trotzdem die Versuche im Kleinen günstige Resultate ergeben haben.

Es ist dann mitunter nicht leicht, den Grund des Mißerfolges kennen zu lernen, zumal wenn die betreffenden Fabrikanten nicht Fachleute sind. Eine ganz genaue und ausführliche Beantwortung aller an die Fabrik gerichteten Fragen klärt jedoch meistens die Angelegenheit auf und kann dann zu beiderseitiger Zufriedenheit rasch Abhilfe geschaffen werden.

Die Ursachen des Mißlingens sind gewöhnlich in dem oben Angeführten zu suchen und liegt es selten oder nie an der Zusammensetzung der Glasur, falls das Glasurrezept eigens für den betreffenden Scherben hergestellt und für gut befunden worden ist.

Achtet man jedoch zu wenig auf äußere und innere Einflüsse, die später sich bemerkbar machen, so giebt auch das brauchbarste Glasurrezept unter gewissen, oben angeführten Umständen keine guten Resultate.

Beispiele: Nachstehend sollen an der Hand von Zahlen einige Beispiele für allgemeine technische Fehler gegeben werden.

Die Mengen schwefelsaurer Salze, die nötig sind, um weiße Verfärbungen hervorzurufen, brauchen nur sehr geringe zu sein. Bei den Thonuntersuchungen, die im Chem. Laboratorium ausgeführt wurden, hat sich herausgestellt, daß Thone mit 0.008 Prozent Gips schon nach dem Trocknen an den Rändern geringe, weiße Verfärbungen zeigten, die unter der Lupe sich als kleine, warzenartige Gebilde erwiesen.

Nach dem Brennen wurden die Ausschläge deutlicher sichtbar und hoben sich besonders gut von rotgefärbten Scherben ab.

Sollte der Thon nun zu tadellosen Verblendern verarbeitet werden können, so mußte der Gips unschädlich gemacht werden. Dieses geschieht auf folgende Weise:

Der Thon wurde aufgeweicht und zu demselben 0.00915 Prozent Chlorbaryum und 0.0061 Prozent kohlensaurer Baryt hinzugesetzt. Der mit den Barytsalzen versetzte feuchte Thon wurde dann 8 Tage sich selbst überlassen, wobei dafür gesorgt wurde, daß der Thon nicht eintrocknen konnte. Alsdann wurden aus der Masse Probesteinchen geformt, die langsam und schnell

getrocknet wurden. Diese zeigten nach dem Trocknen keine Ausschläge mehr, auch wurden nach dem Brennen keine Verfärbungen mehr beobachtet, sondern es blieben auch die gebrannten Steine reinfarbig. Es hatte also eine vollständige Umsetzung stattgefunden, indem der lösliche Gips mit den Barytsalzen in Wechselwirkung getreten war und sich unlöslicher schwefelsaurer Baryt gebildet hatte.

Demnach wären bei der Verarbeitung im Großen auf 100 kg Thon 9.15 gr Chlorbaryum und 6.1 gr kohlensaurer Baryt der Masse am zweckmäßigsten während des Sumpfens zuzusetzen.

Bei der Untersuchung einiger hellbrennenden Thone und Kaoline wurde beobachtet, daß dieselben beim langsamen Trocknen der aus denselben gefertigten Probesteinchen hellgelb gefärbte Stellen zeigten, die besonders an den Flächen und Kanten deutlich zu Tage traten, die nach oben gerichtet waren. Nach dem Brennen im oxydierenden Feuer wurden die Flecke etwas dunkler und deutlicher. Daß diese Gelbfärbungen von Eisen herrührten, war wohl mit Sicherheit anzunehmen, es mußte aber durch die Untersuchung festgestellt werden, in welcher Form das Eisen vorhanden war. Dasselbe mußte als lösliches Eisensalz in dem Thon stecken, denn sonst wäre es ausgeschlossen, daß die geringen Mengen des Eisensalzes an die Oberfläche treten konnten.

Die Thon- und Kaolin-Proben wurden nun mit Wasser gewaschen und das Waschwasser nach dem Absetzen der Thonmasse abgehebert. Diese wurde solange wiederholt, bis das Waschwasser keinen Rückstand mehr auf dem Uhrglase hinterließ; alsdann wurde das Waschwasser eingedampft und untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß das Eisen als schwefelsaures Eisenoxydul vorhanden war.

Eisenoxyd konnte in der wässrigen Lösung nicht nachgewiesen werden, und gab dieselbe mit Rhodankalium keine Rotfärbung. Letztere trat jedoch ein, wenn man die Flüssigkeit mit einigen Tropfen conc. Salpetersäure versetzte und aufkochte, das Eisenoxydul also somit in Oxyd verwandelte. Beim Trocknen und Brennen der Thonwaren hatte sich dieses all-

mählich in das Oxyd-Salz verwandelt und war dort nach dem Brennen das Eisenoxyd als roter Fleck zurückgeblieben. Die aus den gewaschenen Materialien hergestellten und gebrannten Steine zeigten diese hellgelben Verfärbungen nicht mehr. Es können daher Thone, die diese Erscheinung zeigen, und sich sonst zur Steingut- und Porzellanfabrikation eignen, durch Schlämmen resp. Waschen von den Ursachen der Verfärbungserscheinungen befreit werden.

Dem Chem. Laboratorium wurden öfters Steine mit weißen Verfärbungen übersandt, bei denen weder im Rohthon noch im Wasser Schwefelsäure nachgewiesen werden konnte. Es muß daher die Schwefelsäure nachträglich in den Thon gekommen sein. Am nächsten liegt die Annahme, daß die Steine feucht in den Ofen gesetzt worden sind, und daß dort die aus dem Brennmaterial sich entwickelnden Gase die Steine verfärben.

Zum Beweis, daß die Rauchgase thatsächlich die Verfärbungen hervorrufen können, wurden die aus den Thonen hergestellten Probesteinchen feucht und vollständig trocken einer Atmosphäre von schwefliger Säure ausgesetzt. Hierbei konnte beobachtet werden, daß die trockenen Steine auch nach dem Behandeln mit schwefliger Säure in Gasform frei von Anflügen waren, während die nassen nach dem Trocknen deutlich sichtbare Anflüge zeigten, die nach dem Brennen noch mehr hervortraten.

Besonders stark waren diese Anflüge bei kalkhaltigen Thonen, während die weniger kalkhaltigen, gelbbrennenden Thone auch bräunliche Verfärbungen zeigten.

Aus diesen Versuchen erhellt, daß die feuchten Steine beim Brande eher Verfärbungen erhalten als die trocknen, weshalb man darauf achten soll, stets gut trockene Ware in den Ofen zu setzen, wenn man sich nicht dem aussetzen will, daß ein gewisser Prozentsatz mißfarbig geworden ist.

Mitunter liegt die Ursache solcher Verfärbungen ganz wo anders und ist es für den zu untersuchenden Chemiker schwer, falls er nicht an Ort und Stelle ist, die Ursachen der Verfärbungserscheinungen zu ermitteln.

So sind manchmal gebrannte Waren erst nachträglich beim Stehen auf dem Lagerplatze vollständig weiß geworden. Nach einigem Suchen wurde auch hier die Ursache der Verfärbungen gefunden.

In der Nähe des Lagerplatzes wurde Asche aufgeschichtet; die Untersuchung dieser Asche ergab einen hohen Gehalt an schwefelsaurer Magnesia und schwefelsaurem Kalk. Durch den Regen wurde ein Teil dieser Salze gelöst und mit fortgeführt; es kam so die Salzlösung in die Nähe der aufgestapelten Steine. Diese sogen die Lösung hoch, worauf nach dem Verdunsten des Wassers die schwefelsauren Salze zurückblieben und die Steine verfärbten.

Nach Entfernung des Aschenhaufens wurde eine derartige Mißfärbung der gebrannten Steine nicht mehr beobachtet.

Ebenso kommen häufig Thone zur Untersuchung, die nach dem Brennen die Eigenschaft haben, an der Luft zu zerfallen. Die Ursache dieses Verfalls war immer der stückige kohlensaure Kalk in den Thonen. Dieser löschte sich an feuchter Luft allmählich ab und sprengte durch seine Volumvergrößerung Steinstücke oft mit hörbarem Knall ab. Nach dem Entfernen der Kalkstücke durch Schlämmen wurde dieses nicht mehr beobachtet, sondern hielten sich die Steine aus dem geschlämmten Material gut. Bei der Untersuchung von kalkhaltigem Material ist große Vorsicht bei der Beurteilung desselben geboten.

Es giebt kalkhaltige Thone, die auf dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter nur 1 bis 2 Prozent Rückstand hinterlassen, und doch kann man bei diesen eine Zerstörung der gebrannten Thonwaren beobachten.

Will man kalkhaltige Materialien, die wenig Rückstand bei der Schlämmanalyse hinterließen, ungeschlämmt verarbeiten, so ist es zweckmäßig, Probebrände im Großen vorzunehmen. Die gebrannten Steine läßt man längere Zeit, etwa 4 Wochen, an einem feuchten Ort, z. B. im Keller, lagern. Haben sich die Steine hier gehalten, so kann man an eine direkte Verarbeitung des Thones gehen.

Kalkstückchen in geringer Menge sind oft die Ursache des Zerfallens der Dachziegel und ist diese Erscheinung nicht zu verwechseln mit dem Abblättern der Dachsteine infolge Einwirkung der Witterung, besonders der Kälte, oder infolge des Vorkommens von löslichen Salzen in größerer Menge. Werden aus diesen Thonen glasierte Dachziegel hergestellt, so kann man häufig beobachten, daß Teile der Glasur abgestoßen werden, und wird man bei genauer Betrachtung als die Ursache des Abplatzens ein kleines Kalkstückchen finden, daß dicht unter der Glasur sitzt.

Zur Vermeidung dieser Fehler müssen daher auch alle diejenigen Thone, die nur wenig Kalkstückchen enthalten, von diesen befreit werden Ähnliche Erscheinungen, die aber auf ganz andere Ursachen zurückzuführen sind, kann man häufiger bei glasierten Ofenkacheln beobachten.

So wurden dem Chemischen Laboratorium Ofenkacheln eingesandt, bei denen die Glasur, die gut geflossen war, sich vollständig von der Kachel abheben ließ.

Bei der Untersuchung der Masse stellt sich heraus, daß der Kalkgehalt derselben ein sehr hoher war und über 35 Prozent betrug. Da der Kalkgehalt der Kachelthone gewöhnlich nur 25 bis 30 Prozent beträgt, so lag es nahe, anzunehmen, daß der hohe Kalkgehalt diese Erscheinung verursacht.

Um dieses festzustellen, wurden Thonmischungen hergestellt, die 20 bis 50 Prozent kohlensauren Kalk enthielten. Aus diesen Mischungen wurden Probescherben geformt, bei Seger-Kegel 010 gebrannt und glasiert. Dabei zeigte es sich, daß die Scherben mit hohem Kalkgehalt die Glasur beim Lagern der Scherben nach einiger Zeit abstießen, während die Scherben mit niedrigem Kalkgehalt stellenweise aufgerollte und tropfige Glasurgebilde zeigten.

Fehlerfrei jedoch waren die, die 25 bis 30 Prozent kohlensauren Kalk enthielten. Im vorliegenden Fall wurden durch Herabsetzung des Kalkgehaltes gute Resultate erzielt.

Ein Zusammenballen und Tropfigwerden der Glasur hat man darauf zurückzuführen versucht, daß die zu glasierenden Kacheln nicht staubfrei waren, doch hat sich später heraus-

gestellt, daß dieses allein nicht die Ursache hat sein können. Es zeigten sich diese Erscheinungen auch, wenn die Glasur wenig Thon enthielt; ein Zusatz von 7.5 bis 10 Prozent Kaolin beseitigte diesen Fehler.

Um noch bei den Ofenkacheln zu verweilen, seien noch einige Fehler hier erwähnt. Gerade bei diesen Thonwarenerzeugnissen konnte häufig eine Entglasung der Glasur beobachtet werden, und schien dieselbe mit einer Haut und dünnen Kriställchen überdeckt zu sein.

Die Untersuchung dieses Ausschlages ergab, daß derselbe aus schwefelsaurem Kalk und schwefelsaurem Natrium bestand. Ersterer bildete kleine, warzige Körperchen, letzterer war an den blumigen und strahligen Kristallen kenntlich.

Bei diesen Fällen wurde Masse und Glasur auf Schwefelsäure untersucht und fast stets stellte sich heraus, daß die Glasur Schwefelsäure enthielt. Von den zur Glasur verwendeten Rohmaterialien ist es besonders das Kochsalz, welches die Schuld an der Entglasung trägt, da dieses gewöhnlich Glaubersalz (schwefelsaures Natron) enthält. Nach dem Entfernen desselben durch Waschen mit 2 Prozent Sodalösung und Wasser, konnte man keine Entglasung mehr beobachten.

Betreffs des Haarrissigwerdens der Glasuren soll hier noch folgendes erwähnt werden. Es ereignet sich nämlich häufig, daß Glasuren auf dem Dache nach einiger Zeit Risse bekommen, obgleich sie früher keine gezeigt haben. Diese entstehen durch die Einwirkung der Wärme des Sonnenlichtes und auch durch Witterungseinflüsse.

Alle Körper dehnen sich in der Wärme aus; beim glasierten Dachsteine dehnt sich bei anhaltender Wärme der Scherben mehr aus als die Glasur. Infolgedessen entsteht eine Spannung, die schließlich so groß wird, daß dieselbe von der Glasur nicht mehr ausgehalten werden kann; dieselbe giebt nach und es entstehen so die Risse.

Gut dichtgebrannte Scherben zeigen diese Erscheinung weniger, auch widerstehen diese besser der Einwirkung des Frostes. Schwachgebrannte Dachsteine saugen jedoch allmählich Wasser an, das im Stein gefriert, wobei durch die entstehende

Ausdehnung der Stein zerstört wird. Die Zerstörung des Steines teilt sich auch der Glasur mit und wird diese rissig oder blättert ab.

Ein Abblättern der Scherben beobachtet man auch bei Steinen, die auf der Oberfläche dichter sind als im Innern, und ist diese Erscheinung besonders bei gedämpften Ziegeln zu beobachten.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes ist nicht immer ein möglichst hoher Brand zu empfehlen; derselbe muß vielmehr gleichmäßig und für jeden Scherben ausprobiert sein. Dabei hat sich ein gewisser Porenraum als günstig herausgestellt, der bei dem einen Thon größer, bei dem andern geringer sein kann, um die Wetterbeständigkeit zu erreichen. Bei leicht dichtbrennenden Thonen empfiehlt es sich, die Temperatur möglichst lange so zu halten, daß der Scherben gut ausbrennen kann, ehe sich die Oberfläche verdichtet. Geschieht dieses dennoch, so treten Blähungen ein und der Scherben dehnt sich aus.

Durch Magerungsmittel, die oft bis zu 40 Prozent bemessen werden müssen, vermeidet man die letztere unliebsame Erscheinung.

Bei Steingut- und Porzellanwaren machen sich häufig schwarze Flecke sehr unliebsam bemerkbar. Nicht immer sind dieselben durch einen Gehalt an Schwefelkies hervorgerufen, sondern zeigen diese Flecke auch Scherben, deren Rohmaterialien frei von Schwefelkies sind.

Es ist also hierbei das Eisen nachträglich hineingekommen und stammt dasselbe von den zur Verwendung kommenden eisernen Werkzeugen. Diese Eisenflitter lassen sich aus dem aufgeschlämmten Thon mittelst Magneten entfernen, durch welchen man oft die Masse von den lästigen Eisenteilchen befreit.

Außer diesen Eisenflecken beobachtet man bei Steingut öfters ein Abplatzen der Kanten der aus der Steingutmasse hergestellten Waren. Dieses Abplatzen wird auf einen zu hohen Kieselsäuregehalt zurückgeführt und kann durch Herabsetzen desselben oder aber durch schwächeren Brand vermieden werden.

Die bei den einzelnen Fabrikationszweigen beobachteten Fehler sollen im weiteren bei jeder einzelnen Gruppe noch kurz besprochen werden.

C. Charakterisierung und Einteilung der Thonwaren-Erzeugnisse.

Man kann bei den gebrannten Thonwaren unterscheiden:

A. Thonwaren mit nicht geschlossenem, saugendem Scherben,

B. Thonwaren mit dichtem Scherben.

Zu A gehören:

1. Ziegelfabrikate etc.,
2. feuerfeste Produkte,
3. antikes und Töpfergeschirr (Fayence, Majolika, Ofenkacheln),
4. Steingut.

Zu B gehören:

1. Klinkerwaren,
2. Steinzeug (Wedgewood),
3. Porzellan.

A. 1. Thonwaren etc.

Zu diesen zählt man:

Mauersteine, Drainröhren, Terracotten, Dach- und Falzziegel, Verblender, poröse Steine.

Bei den Back-, Ziegel- oder Mauersteinen unterscheidet man:

a) nach der Art des Brandes:
   - α) schwachgebrannte,
   - β) gutgebrannte,
   - γ) scharfgebrannte,
   - δ) klinkerartig-gebrannte Steine;

b) je nach der Art der Herstellung:
   - α) mit der Hand gestrichene, ordinäre Backsteine,
   - β) mit der Maschine geformte Steine,
   - γ) trocken gepreßte Steine,
   - δ) poröse Backsteine, Schwemmsteine;

c) nach ihrer Verwendung und Gestalt:
Hintermauerungsziegel, Verblendsteine, Gewölbesteine, Keilziegel, Klampfziegel, Spitzsteine, Eckziegel, Kanal-Rinnstein-Ziegel, Flurziegel, Zwickelsteine, Kettenziegel, Loch- und Hohlziegel etc.;

d) je nach der Art des verarbeiteten Materials kann man auch unterscheiden:
α) Gewöhnliche Thon- und Lehmsteine,
β) poröse Backsteine.

Die gewöhnlichen Mauerziegel müssen mindestens so gebrannt sein, daß sie transportfähig sind. Man verlangt außer einer gleichmäßigen Form einen hellen Klang, d. h. die Ziegel müssen durchgebrannt sein und weder Sprünge noch Risse aufweisen. Sie müssen sich bequem mit dem Hammer behauen lassen und dürfen für den gewöhnlichen Bau nicht übermäßig schwer sein.

Die Druckfestigkeit soll bei gewöhnlichen Mauersteinen mindestens 70 kg pro Quadratcentimeter betragen und bei sehr scharf gebrannten 120 kg pro Quadratcentimeter und mehr.

Die Steine müssen wetterbeständig sein, d. h. sie dürfen bei wechselnder Witterung weder zerbröckeln, noch abblättern. Gegen den verbindenden Mörtel sollen sie eine hinreichende Adhäsion besitzen, sie müssen also eine gewisse Porosität haben.

In der Farbe sollen sie möglichst gleichmäßig sein, obwohl dieselbe nicht immer ein Zeichen für die Güte des Brandes ist.

Zu den am wenigsten gebrannten Steinen gehören auch die leichten, porösen Ziegel, die besonders zu Decken, Gewölben etc. verarbeitet werden.

Sehr schön gleichmäßige und reinfarbige Ziegel verwendet man zu Rohbauten als Verblender, die in weiß, gelb, lederfarben, rot und braun hergestellt werden.

Von diesen verlangt man eine geringere Porosität, als von den Mauersteinen; im Gegensatz zu diesen, bei denen eine rauhe Oberfläche nur günstig wirkt, müssen sie glatt und scharfkantig sein.

Bei den Dachziegeln, die in den verschiedensten Formen hergestellt werden, unterscheidet man: Flachziegel, Biberschwänze, Schwalbenschwänze, Ochsenzungen, Blendziegel, Hohlziegel, Schlußziegel, Rinnenziegel, Dachpfannen, Fittigziegel, Brandziegel, Falzziegel, Quadrat- und Geviertziegel etc.

Von diesen Dachsteinen, die häufig unter Zusatz von feuerfestem Thon hergestellt werden, verlangt man: 1. Dichtigkeit, 2. Wetter- und Frostbeständigkeit und 3. gleichmäßige Färbung.

Die Dachsteine werden gewöhnlich schärfer gebrannt als die Mauersteine und Verblender, um die Porosität resp. Wasseraufnahmefähigkeit möglichst herabzudrücken.

Gewöhnlich sind die dichtgebranntesten Scherben auch die wetter- und frostbeständigeren, doch ist dieses nicht immer der Fall, und scheint bei gewissen Thonen eine bestimmte Porosität sogar günstig zu sein.

Aus diesem Grunde ist es daher durchaus nicht zweckmäßig, von allen Dachsteinen die gleiche Wasseraufnahmefähigkeit zu verlangen, sondern es muß bei jedem Material die Brenntemperatur ermittelt werden, bei welcher die gebrannten Steine wetterbeständig sind.

Die aus den Ziegelthonen hergestellten Röhren bezeichnet man gewöhnlich mit Thon- oder Drainröhren. Diese besitzen einen rauhen, erdigen Bruch und sind gewöhnlich poröse.

Infolge ihres schwachen Brandes sind sie leicht zerbrechlich und durch Witterungseinflüsse leicht zerstörbar. Der Brand der Drainröhren muß jedoch immerhin soweit gegangen sein, daß dieselben sich gut transportieren lassen.

Gute Drainröhren dürfen sich nicht verzogen haben und müssen frei von Rissen sein; auch sollen sie, trotz ihres schwachen Brandes einen gewissen Grad von Wetterbeständigkeit haben und nicht blättern oder springen.

Gebrannte und nicht glasierte Thonwaren von gelber oder roter bis brauner Farbe nennt man Terracotten.

Insbesondere versteht man darunter thönerne Bauornamente, Figuren und reichverzierte Gesimsestücke, Rosetten, Verzierungen etc. Auch Vasen, Mosaikplatten gehören hierher,

sowie alle thönernen Nachbildungen der antiken Kunst. Die Hauptbedingungen, die man an Terracotten stellt, sind:

1. Rein gefärbte Waren, ohne Anflüge oder Ausschläge von gleichmäßigem, nicht zu hohem Brande und schöner Farbe,
2. schöne Konturen der Verzierungen,
3. Wetter- und Frostbeständigkeit.

2. Feuerfeste Produkte.

Aus feuerfesten Materialien werden hergestellt: Feuerfeste Backsteine, Röhren, Muffeln, Schmelztiegel, Retorten, Kapseln zum Porzellan-Brennen etc. Ferner Abzugs- und Wasserleitungsröhren, Becken, Destilliergefäße, Glashäfen etc.

Die feuerfesten Chamottesteine dienen zum Bau von Öfen, die eine hohe Temperatur aushalten müssen.

Eine besondere Art der feuerfesten Steine sind die Dinas-Steine, die aus grobem Quarz bis zu 98 Prozent und Thon oder Kalk als Bindemittel bestehen. Neben einer hohen Feuerfestigkeit verlangt man von Dinas-Steinen, daß sie sich bei hoher Temperatur nicht ausdehnen.

Zu den feuerfesten Steinen gehören außerdem die Bauxit- und Magnesit-Steine.

An alle feuerfesten Waren stellt man folgende Anforderungen:

1. Je nach der Art ihrer Verwendung müssen sie einen möglichst hohen Grad von Feuerbeständigkeit besitzen.
2. Sie müssen möglichst unempfindlich gegen Temperaturwechsel sein, d. h. sie dürfen weder springen noch rissig werden, noch auch im Feuer stark schwinden oder sich ausdehnen.
3. Durch äußere Einflüsse dürfen dieselben nur schwer angreifbar sein und müssen den Schmelzen, Flugaschen etc. widerstehen.

3. Antikes und Töpfergeschirr.

Unter den antiken Geschirren versteht man sehr feine, homogene Thonwaren mit einer Glasur, die sich wesentlich

von den anderen unterscheidet und hauptsächlich aus Sand, einem Flußmittel und den färbenden Metalloxyden besteht. Die antiken Geschirre zeichnen sich alle durch eine sehr dünne, glasige Oberfläche von rötlichem oder schwarzem Anflug aus. Die Masse ist porös, auf dem Bruche matt, weich und von dumpfem Klang, sie ist undurchsichtig und gelb, rötlich oder grau gefärbt.

Das Töpfergeschirr stellt ebenfalls eine weiche, poröse Masse dar, die mit verschieden gefärbten Glasuren überzogen wird. Hierher gehören gewöhnliches Töpfergeschirr, Töpfergut, Hafnerwaren, irdene Waren und Weißwaren.

Das Töpfergeschirr muß mechanische Einflüsse, wie Schlag, Stoß und raschen Temperaturwechsel gut vertragen.

Die Glasuren müssen auf der Masse gut haften, ohne im Gebrauch Sprünge zu bekommen und dürfen auch beim Kochen von sauren Flüssigkeiten nicht angegriffen werden.

Zum Töpfergeschirr kann man ferner auch die ordinäre Fayence, Majolika und die Ofenkacheln zählen.

Hierzu verarbeitet werden mehr oder minder gefärbte Thone, die mit einer zinnhaltigen Glasur versehen werden.

Der Brand dieser Waren liegt etwas höher als der des Töpfergeschirres, immerhin aber sind die Massen noch weich. Charakteristisch ist ein Gehalt von kohlensaurem Kalk, der bis zu 30 Prozent geht.

Man versteht unter Fayence gewöhnlich ordinäres weißes Steingut; die französische Fayence ist eine feinere Sorte Töpferzeug mit brauner Glasur; die englische, gelbe Fayence besteht aus einer rötlichen Masse mit gelber Glasur.

Mit Majolika bezeichnet man ebenfalls Produkte der ordinären Fayence oder des Steingutes. Diese werden oft verschiedenfarbig engobiert und glasiert, sowie mit den leicht schmelzbaren Porzellanfarben decoriert.

Die Ofenkacheln werden aus hellbrennenden, kalkhaltigen Thonen hergestellt und mit weißer, blauer, grüner Glasur überzogen.

Man verlangt von diesen Erzeugnissen:

1. Genügende Festigkeit.
2. Schönheit der Form und der Glasur, welche haarrissefrei sein muß und nicht abblättern darf.
3. Bei Ofenkacheln: Unempfindlichkeit gegen raschen Temperaturwechsel. Die Kacheln dürfen nicht springen und die weißen Glasuren dürfen beim Erhitzen keine Haarrisse bekommen.

4. Steingut — feine Fayence.

Feines Steingut, feine Fayence, besteht aus einer weißen, erdig-thonigen Masse, mit mehr oder weniger hartem, porösem Scherben, der mit einer durchsichtigen, bisweilen auch deckenden, dünnen Glasurschicht versehen ist.

Dasselbe wird gewöhnlich als Speisegeschirr verwertet.

Es unterscheidet sich vom Porzellan erstens dadurch, daß es im Feuer nicht wie dieses weich wird und zweitens, daß letzteres durchscheinend ist und Steingut nicht.

Es ist sonst dem Porzellan sehr ähnlich, aber nicht so dauerhaft bei längerem Gebrauch, da es auch den Temperatureinflüssen weniger widersteht. Es ist aber bedeutend billiger als das Porzellan und giebt geringeren Ausfall durch Ausschuß bei der Fabrikation.

Die Anforderungen, die man an ein gutes, weißes Steingut stellt, sind:

1. Möglichst weißen, fleckenreinen Scherben.
2. Haarrissefreie, ins Bläuliche spielende Glasur.
3. Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse (heiß und kalt).

Das feinere Steingut ist, bis zur Weißglühhitze gebrannt, auf dem Bruche fast dicht und nur sehr wenig porös, von gutem hellen Klang.

Zu dem feinen Steingut, der feinen Fayence, rechnet man auch das englische Halbporzellan und die holländischen Delftwaren.

Der Fayence in ihren Eigenschaften nahekommend ist die Masse der Thonpfeifen, Thonzellen für galvanische Elemente

und einige feine Terracotten, die eine weiße, undurchsichtige und poröse Bruchfläche besitzen.

Zwischen dem Steingut und den Terracotten stehen die lackierten Thonwaren, Terralith, Hydrolith und Siderolith; diese sind aus gefärbten Thonen gebrannt und mit einer Lackfarbe überzogen. Sie dienen als Luxus- und Ziergefäße, Dekorationskrüge, Blumenvasen, Töpfe, Ampeln, Figuren, Schreibzeuge, Tabaksdosen und viele Nippes. Zu Gebrauchsartikeln eignen sich dieselben nicht, da die Lackfarben kein Erhitzen vertragen. Infolge der leichten Herstellung und des niedrigen Brandes zeichnen sie sich durch große Billigkeit aus.

B. Thonwaren mit dichtem Scherben.

1. Klinker.

Ist ein Backstein nach dem Brennen vollständig gesintert, so nennt man ihn „Klinker", falls er vollständig seine Form beibehalten und scharfe Kanten und Ecken zeigt. Die Klinker werden nach der Höhe des Brandes, ihrer Härte und Abnutzbarkeit klassifiziert und nach der Farbe benannt, z. B. schwarze Oldenburger Klinker, Eisenklinker etc.

2. Steinzeug.

Unter Steinzeug versteht man dichte Thonwaren, mit glänzendem, muscheligem Bruch. Sie sind hart und klingend, saugen daher keine Wasser mehr auf und kleben nicht an der Zunge.

Die Massen sind weiß oder gefärbt, mit und ohne Glasur, sie sind entweder feuerfeste oder nahezu feuerfeste Materialien. Sie werden hauptsächlich zu Röhren, die eine Salz- und Erdglasur tragen, zu Artikeln für die chemische Großindustrie, Säuregefäßen, Kühlschlangen, Chlortöpfen, Wasserbehältern, Bierkrügen und für Hausgeschirr verarbeitet.

Zum Gebrauch im direkten Feuer eignen sich die Steinzeugwaren nicht, doch verlangt man von den Waren Widerstand gegen Temperaturwechsel und gegen chemische Einflüsse, sowie dichten Scherben.

Die Steinzeugmasse läßt sich zu Gefäßen von sehr großen Dimensionen verformen und reich verzieren.

Man unterscheidet zwei Gruppen:

1. Glasiertes, ordinäres Steinzeug,
2. unglasiertes, feines Steinzeug.

Das ordinäre Steinzeug besteht aus einem gefärbten, nicht immer völlig feuerfesten Thon, ohne Zusatz von Flußmitteln, und trägt meistens eine Salzglasur.

Das feine Steinzeug besteht aus weißbrennendem, weniger feuerbeständigem Thon unter Zusatz von Flußmitteln. Dasselbe braucht nicht so hoch gebrannt zu werden wie das gemeine Steinzeug, und wird hauptsächlich zu Geschirr, Nippes etc. verarbeitet und selten glasiert, sondern gewöhnlich so weit gebrannt, daß die Oberfläche glänzend wird.

Vom Porzellan unterscheidet sich das feine Steinzeug durch seine geringe Durchscheinbarkeit. Das weiße oder gefärbte unglasierte Steinzeug oder Weedgewood-Geschirr unterscheidet sich von den anderen dadurch, daß demselben eine gefärbte Engobe übergelegt, oder daß die Masse vollständig durch und durch mit einer Mischung von Metalloxyden gefärbt ist.

3. Porzellan.

Unter Porzellan versteht man weiße Thonwaren mit durchsichtiger Glasur. Die Masse unterscheidet sich von allen anderen dadurch, daß sie durchscheinend ist und vom zartesten Weiß sein soll. Das beste Porzellan verträgt starken Temperaturwechsel und direkte Berührung mit dem Feuer.

Man unterscheidet:

1. Glasiertes Porzellan,
2. unglasiertes Porzellan.

Das glasierte Porzellan teilt man wiederum ein in:

a) Echtes oder hartes Porzellan,
b) weiches oder Frittenporzellan.

Letzteres zerfällt wieder in:

a) Natürliches oder englisches,
b) künstliches oder französisches Porzellan.

Zu dem unglasierten Porzellan gehört das Biskuitporzellan, Parian und Carrara.

Das echte, harte Stein- oder Feldspathporzellan ist eine weiße, durchscheinende, harte, sehr schöne hell und laut klingende Masse.

Der Bruch der Masse muß muschlig oder feinkörnig sein; sie muß kochenden Flüssigkeiten Widerstand leisten, ohne rissig zu werden oder zu springen.

Wie schon erwähnt, erhält man bei der Fabrikation viel Ausschuß, es ist daher der Preis ein weit höherer als beim Steingut.

Das natürliche, weiche, englische Knochenporzellan unterscheidet sich von dem gewöhnlichen durch seine weiche Glasur und dadurch, daß es weit früher schmilzt, als das echte Porzellan garbrennt.

Es steht also in der Mitte zwischen feiner Fayence und echtem Porzellan. Das weiche Porzellan ist weniger haltbar und kann den Temperaturwechsel nicht so gut vertragen wie das Hartporzellan.

Das künstliche, weiche Porzellan ist eigentlich keine thonige Masse, sondern unvollständig geschmolzenes Glas. Es ist hart, glasig, weiß, durchscheinend, zart und von feinkörnigem Bruche. Es schmilzt bei hoher Temperatur und hält Temperaturwechsel nicht aus, ohne zu springen. Parianbiskuit ist eine dem parischen Marmor ähnliche Masse, die stark schwindet und sich daher zur Herstellung größerer Gegenstände nicht eignet. Ähnlich ist Carrara, das etwas weißer ist als Parian, aber weniger durchscheinend.

Parian und Carrara werden zu Schmuck- und Ziergegenständen verarbeitet.

Aus Hartporzellan werden hergestellt viele Gebrauchsgegenstände, wie z. B. Geschirre aller Art, Tassen, Teller, Schalen, Vasen, Kannen etc., ferner Luxuswaren und Nippes, sowie Apparate für die chemische Industrie u. s. w.

Biskuitporzellan wird vorzugsweise zur Herstellung von Figuren und anderen Nippes gebraucht.

D. Thonverarbeitung.

1. Herstellung von Ziegelwaren:
(Nicht feuerfeste Produkte).

Bei jeder Fabrikation, selbst bei der einfachsten, bedarf der Thon gewöhnlich einer gewissen Vorbereitung, um ihn zum Verarbeiten geeignet zu machen.

Eine ganz besondere Vorbereitung beansprucht nun der Thon, der mittelst Handstrichs verarbeitet werden soll.

Um hier gleichmäßige, homogene Massen zu erhalten, wird der Thon nicht direkt wie er aus der Grube kommt verformt, sondern man läßt den geförderten Thon noch längere Zeit lagern. In den seltensten Fällen bieten die Thonlager ein so gleichmäßiges Material, wie es zur Herstellung von Ziegelwaren geeignet ist, sondern dieselben enthalten gewöhnlich noch Reste der Muttersubstanzen, die nun beim Lagern an der Luft ebenfalls verwittern oder zum mindesten in kleine Teilchen zerfallen.

Man läßt den Thon entweder wintern oder sommern, d. h. man giebt ihm Gelegenheit zu verwittern.

Nach dem Aufbereiten an der Luft nimmt der Thon an Plastizität zu und läßt sich infolgedessen leichter verformen. Die größeren Steine werden durch Auslesen entfernt und der Thon durch Umstechen, Umschaufeln, Treten, Klopfen und Schlagen homogenisiert.

In größeren Betrieben, bei der Verarbeitung des Thones mit Maschinen, ist ein Wintern oder Sommern der Thone nicht immer so notwendig, da hier die Maschinen das Durcharbeiten und Homogenisieren des Thones bewirken.

Beim Handbetriebe kommt der gewinterte oder gesommerte Thon in den Sumpfraum, bei Maschinenbetrieb kann der frisch geförderte Thon manchmal auch sofort eingesumpft werden. Enthält der Thon Gesteintrümmer, die zur Magerung des Thones notwendig sind, so läßt man den frisch gebrochenen Thon durch ein Walzwerk zur Zerkleinerung der Gesteinstücke gehen, worauf dann erst das zerkleinerte Material in den Sumpf transportiert wird.

Magere Thone und gewöhnliche Lehmsorten brauchen nicht gesumpft zu werden.

Das Einsumpfen hat den Zweck, den Thon gleichmäßig mit Wasser zu durchtränken und denselben somit leichter verarbeitbar zu machen. Nach 1—3tägigem Sumpfen kommt der Thon, der mittelst Handstrichs verarbeitet werden soll, auf die Tretplätze, wo er nochmals durchgearbeitet und durchgeknetet wird oder man fördert ihn in größeren Betrieben zu den Thonschneidern.

Von hier aus kommt der Thon bei Handstrichziegeleien zu den Streichtischen, auf welchen der feuchte Thon in hölzerne Formen geworfen wird. Der überschüssige Thon wird mit einem Holz abgestrichen. Durch Umkehren der Form wird der Stein aus der Form entfernt und nach dem Trockenplatz oder Trockenschuppen gebracht. Bei Maschinenbetrieb wird der durch die Thonschneider gut durchgearbeitete Thon zu den Ziegelpressen gebracht, wo dann von dem in gleichmäßiger Stärke austretendem Ziegelstrang mittelst einer Abschneide-Vorrichtung die Steine abgetrennt und nach dem Trockenraum geschafft werden.

Enthält der Thon stückigen kohlensauren Kalk, Schwefelkies oder Marienglas, so muß der Thon geschlämmt werden, um brauchbare Waren zu erzielen.

In diesem Falle bringt man in die kreisförmige Grube eines Schlämmapparates die betreffende Erde und giebt die zweifache Wassermenge zu und läßt das Ganze durch Eggen und Messer so lange aufrühren, bis eine vollkommene Auflösung erfolgt ist. Man läßt dann den Schlämmapparat einige Minuten still stehen, damit die körnigen Beimengungen zu Boden fallen können, zieht dann den Schlamm durch Siebe ab und sammelt ihn in verschiedenen Behältern. Hier kommt der Thon zum Absetzen; man zieht das übersteigende Wasser ab und verarbeitet den zum Teil eingetrockneten Thon auf die eine oder andere Weise.

Soll der Thon auf trockenem Wege verarbeitet werden, so wird derselbe an der Luft oder durch künstliche Wärme getrocknet, durch Mühlen oder Kollergänge zerkleinert,

gesiebt, erforderlichen Falles mit den nötigen Magerungs- und Flußmitteln versetzt und dann der Trockenpresse zugeführt, wo die gepulverten Massen nach dem Befeuchten mit Wasser gepreßt werden.

Das Formen der Dachziegel geht ebenfalls entweder mit der Hand oder mittelst Maschinen vor sich. Der zur Verarbeitung kommende Thon muß plastisch, frei von gröberen Steinen und gut homogenisiert sein. Doch tritt hier das Verformen mittelst Handstrichs schon in den Hintergrund.

Bei der Anfertigung von Drainröhren findet man fast ausschließlich nur den Maschinenbetrieb, und zwar tritt der Thonstrang in Röhrenform in vertikaler und horizontaler Richtung aus. Ganz dünne Röhren verlassen in der Regel in horizontaler Richtung die Maschinen.

Die gepreßten Röhren werden in bestimmter Länge abgeschnitten, nachgeglättet und beputzt.

Zu Terracotten verarbeitet man rot- und gelbbrennende Thone, die mit ganz besonderer Sorgfalt vorbereitet werden müssen. Nach dem eventuellen Zusatz von Ziegelmehl, Quarz oder Feldspath werden die Thone vollständig gleichmäßig durchgearbeitet und homogenisiert, oder der Thon wird, falls es unumgänglich zur Herstellung besserer Waren nötig ist, geschlämmt und der Thonschlamm in Formen von porösem Thon oder Gips getrocknet.

Die Herstellung von Terracotten geschieht fast nie aus freier Hand, sondern man schneidet gewöhnlich aus den Massebällen dünne Scheiben und drückt diese in die betr. Gipsformen. Die geformten Stücke werden dann mit der Hand nachgebessert und getrocknet.

Poröse Steine werden ebenfalls wie die Mauersteine hergestellt, nur daß denselben statt der Magerungsmittel verbrennliche Stoffe, wie Kokes-Klein, Sägemehl etc. zugesetzt werden.

Das Trocknen der Ziegelwaren geschieht entweder

1. im Freien,
2. in besonderen Schuppen,
3. in künstlichen Trockenvorrichtungen.

Im Freien kann man nur gewisse, magere Thonsorten trocknen, die ein rasches Trocknen vertragen, ohne Risse zu erhalten.

Die frisch geformten Steine werden nun zunächst auf Bahnen abgesetzt. Sind sie hier angetrocknet, so schichtet man zur weiteren Trocknung auf einer Schicht gebrannter Steine die halbtrockenen Steine mit Zwischenräumen auf, so daß die Luft durchstreichen kann. Bei Regenwetter bedeckt man die aufgeschichteten Stöcke mit Matten und Brettern, um ein Wiederaufweichen zu verhindern und umgiebt dieselben mit kleinen Gräben, um das Wasser abzulassen.

Das Trocknen in hergerichteten Schuppen erfolgt teils auf dem Boden, teils auf Brettchen in Gestellen.

Zum Schutz gegen Regen trägt der Schuppen ein Dach, das mit Brettern, Schindeln oder auch mit Dachziegeln gedeckt ist. Die Wetterseite kann durch Bretter und Klappen geschützt werden, auch verwendet man bei sehr empfindlichem Material ganz geschlossene Schuppen, welche Luftklappen und Fenster mit Verschlüssen besitzen. In diesen Schuppen kann man jedoch nur in der besseren Jahreszeit trocknen; bei Sommer- und Winterbetrieb muß man zu künstlichen Trockenvorrichtungen greifen.

Diese kann man um und über den Brennöfen anbringen, deren abgehende Wärme zum Trocknen der Steine benutzt wird, die mittelst Elevatoren in die oberen Stockwerke gebracht werden. Für die Erneuerung der Luft sorgen Exhaustoren und Ventilatoren.

In neuerer Zeit sind viele künstliche Trockenvorrichtungen patentiert worden, u. a. ein Verfahren von Dr. G. Möller und Prof. Pfeiffer, Keller, Hotop u. s. w., wonach die Steine in kürzerer Zeit in gemauerten Kanälen ganz allmählich, aber vollkommen getrocknet werden.

In ähnlicher Weise geht das Trocknen der Dachziegel vor sich, die durch öfteres Wenden vor dem Krummwerden geschützt werden könnten, oder die durch besondere Vorrichtungen ganz allmählich getrocknet werden müssen. (Trockenvorrichtung von Schaaf.)

Thonröhren werden vertikal stehend getrocknet und nötigen Falles in geheizten Fabrikräumen untergebracht.

Die Terracotten werden gewöhnlich direkt in den Arbeitsräumen getrocknet.

Zum Brennen der Ziegelwaren benutzt man Brennöfen der verschiedensten Konstruktionen.

Man unterscheidet dabei:

1. Öfen mit periodischer,
2. Öfen mit kontinuierlicher Befeuerung.

Zu den ersteren gehören offene Öfen, Stock- oder Schachtöfen, gewölbte oder geschlossene Öfen (Altdeutscher Ofen, Cassler Ofen).

Bei den kontinuierlichen Öfen unterscheidet man solche mit stabilem oder solche mit wanderndem Feuer.

Bei ersteren wird das Ziegelgut dem Feuer, bei letzteren das Feuer dem Ziegelgut nähergebracht.

Der vollkommenste kontinuierliche Ofen ist der Hoffmann'sche Ringofen. Hierunter versteht man einen endlosen in sich zurückkehrenden Kanal von einem der Leistung entsprechenden Querschnitt und einer Mindestlänge, die für die einzelnen Materialien genau bestimmt werden muß.

In den Außenwänden des Ringofens sind Öffnungen angebracht, die zum Einsetzen und Aussetzen der Ziegelware dienen und dadurch den Ofen in eine bestimmte Anzahl Abteilungen zerlegen.

Die Befeuerung des Ofens geschieht von oben mittelst Einstreuens des Brennstoffes.

Die nötige Verbrennungsluft tritt durch die offene Thür des Ofens immer hinter dem Feuer ein, kühlt die gebrannte Ware ab und dient so hoch erhitzt zur Verbrennung des Brennstoffes. Die Rauchgase durchstreichen die frisch eingesetzten Ziegel, wärmen dieselben vor und gelangen dann durch einen sogenannten Rauchsammler nach dem Schornstein, der sie ins Freie führt.

Der Brennprozeß geht also ringförmig um den ganzen Ofen, sodaß gleichzeitig Steine eingesetzt, vorgewärmt, gargebrannt, gekühlt und ausgekarrt werden.

Als Brennmaterial dient Kohle.

Diese Ringöfen sind von vielen Ofenkonstrukteuren verbessert worden. Es entstanden so die Ringöfen System Dannenberg, die Treppenrost-Kammeröfen, der Ringofen mit oberem Abzug der Rauchgase, der Ringofen ohne Gewölbe nach Otto Bock, die Ringöfen und Kammeröfen nach Eckhardt, der Ringofen für Dachziegel nach Hotop u. a. m.

In diesen Ringöfen brennt man Mauersteine und Verblender, Dachziegel und Drainröhren u. s. w.

Terracotten werden entweder in Öfen mit überschlagendem Feuer, wie bei der Steingutfabrikation, oder in Porzellanöfen (Etagenöfen) gebrannt.

Größere Gegenstände baut man ein, kleinere brennt man in Kapseln, um Flammenfärbungen zu vermeiden.

Gewöhnliche Ziegelwaren werden bei Segerkegel 010—05, Bauterracotten und Ornamente bei weit höherer Temperatur gebrannt.

Im vorstehenden sollte die Thonverarbeitung zu Ziegelmaterialien nur im allgemeinen geschildert werden, eine bestimmte Regel für die beste Vorbereitung und Verarbeitung der Thone läßt sich jedoch nicht aufstellen, sondern jeder Thon muß nach seinen Eigenschaften behandelt und verbraucht werden.

Es ist daher jedem Thongrubenbesitzer dringend anzuraten:

1. Die Prüfung auf Verwendbarkeit von einem Spezial-Laboratorium vornehmen zu lassen, um sich dann
2. auf Grund der Untersuchungsresultate mit einem tüchtigen Techniker in Verbindung zu setzen, der dann die geeignetsten, dem Terrain angepaßten Anlagen macht und für die Beschaffung der nötigen Maschinen etc. Sorge trägt.

Es sei gestattet, an folgendem Beispiel, bei welchem zwei wichtige Einrichtungen erwähnt werden, die Thonverarbeitung besonders zu Dachfalzziegeln eingehend zu besprechen, um dem Uneingeweihten und Anfänger ein Bild davon zu verschaffen.

Herr H. Martini jun., Ziegeleibesitzer in Sömmerda, fabrizirt in folgender Weise:

*) Thonindustrie-Ztg. Jahrg. 18 No. 38.

Zur Verarbeitung kommen:

Ein gelbbrennender, sogenannter kalkhaltiger Thon für gewöhnliche Steine, ein tiefrotbrennender Schieferthon für Falzziegel und Fußbodenplatten und ein rotbrennender Auethon zum Beimischen zur einen oder anderen Ware.

Der Schieferthon ist in Schollenform unlösbar in Wasser, er wird daher in einer vom Besitzer Herrn Martini sehr sinnreich konstruierten Darrvorrichtung, bestehend aus 24 mit Eisenplatten abgedeckten Kanälen, die durch 4 Feuerungen ihre Hitze erhalten, scharf getrocknet und dann in einer Schraubenmühle und einer Schlagkreuzmühle — beide vom Grusonwerk in Buckau-Magdeburg geliefert — zu Pulver gemahlen.

Das Thonmehl wird dann mit Wasser eingesumpft, durch einen horizontalen, oben offenen Thonschneider gemischt und zum Mauken gelagert. Nach einiger Zeit wird der nun gleichmäßig feuchte Thon im Feinwalzwerk gewalzt, durch eine Ziegelmaschine zu Kuchen geformt und in zwei Revolver-Pressen, von der Maschinenfabrik von Laeis & Co. in Trier, und Preßformen von Kettenhofen in Echternacherbrück geliefert, zu Doppelfalzziegeln verpreßt. Durch einen Elevator werden die frischen Falzziegel etwa 8 m hoch gehoben, von der Bedienung abgenommen, auf einen etwa 50 m langen Seiltransporteur gelegt und in die Trockenräume über dem Ringofen befördert.

Der Seiltransporteur besteht aus zwei etwa 25 mm starken, vierkantig geflochtenen Seilen ohne Ende, die sich über Rollen bewegen.

Der für gewöhnliche Ware bestimmte gelbbrennende Bergthon und der Auethon werden z. T. unter Zusatz von Ziegelmehl — welches aus demselben, aber gebranntem Thon auf einer Kugelmühle (vom Grusonwerk in Buckau-Magdeburg geliefert) gemahlen wird — auf einem Doppelwalzwerk und einer Ziegelmaschine (20000 Normalsteine Tagesleistung, geliefert von Groke in Merseburg) zu Backsteinen, Formsteinen und Fußbodenplatten verarbeitet und entweder auf Geleisewagen in die Gerüste der Trockenschuppen gefahren oder auf

einem ganz eigenartig schräg laufenden Schalenelevator in die obere Trockenanlage geführt.

Der Thon wird mittelst schrägen Seilaufzuges in Kippwagen von dem Sumpfe jenseits der Chaussee und unter dieser hinweg auf schiefer Ebene auf den Wagenboden gezogen.

Die gewöhnliche Ware wird in einem oblongen Ringofen, System Dannenberg, mit 14 Kammern gebrannt.

Die Falzziegel werden in der über dem zweiten Ringofen befindlichen großen Trocknerei, Patent Schaaf, getrocknet.

Diese Trocknerei besteht aus 128 Trockenkasten, in welchen 14 Gleitbahnen angeordnet sind. Auf jeder Gleitbahn finden 20 Rähmchen bezw. Falzziegel Platz, so daß die Anlage einen Gesamtbeleg von 35840 Stück Falzziegel hat.

Die Leistung dieser Anlage war zur Zeit 7000 Stück pro Tag, bei Verwendung von nicht zum Verziehen und Reißen geneigten Materialien kann aber mit dieser Anlage eine tägliche Leistung von 15000 bis 18000 Stück Falzziegel erreicht werden.

Als normale Leistung, welche auch bei empfindlichen Materialien noch mit gutem Erfolg sicher erreicht wird, dürfte jedoch 10000 bis 12000 Stück Tagesleistung anzugeben sein.

Die für die Erwärmung der Trockenluft eingerichtete Dampfheizung wird ausschließlich mit Abdampf betrieben, wozu kaum die Hälfte des Abdampfes der gegenwärtig auf 45 Pferdekraft beanspruchten Dampfmaschine benötigt wird.

Der Trockenvorgang ist kurz folgender:

Die Rähmchen mit den Falzziegeln werden von dem Seiltransporteur abgenommen und von G (Figur 8) aus in das obere Ende einer Trockenzelle K gesteckt. Hier rutschen sie auf einer schiefen Ebene nach unten, wo sie dürr getrocknet bei G_1 beziehungsweise G_2 herauskommen. Die Trockenluft strömt unten ein, erwärmt sich an Dampfröhren d, durchstreicht die Zellen in Richtung der schiefen Ebene und tritt oben feucht aus; durch im Dachfirst angebrachte Dunstschlote S entweicht sie dann ins Freie.

Die unten angekommenen trocknen Falzziegel werden herausgenommen und auf dreirädrige Transportwagen zur Ablaß-

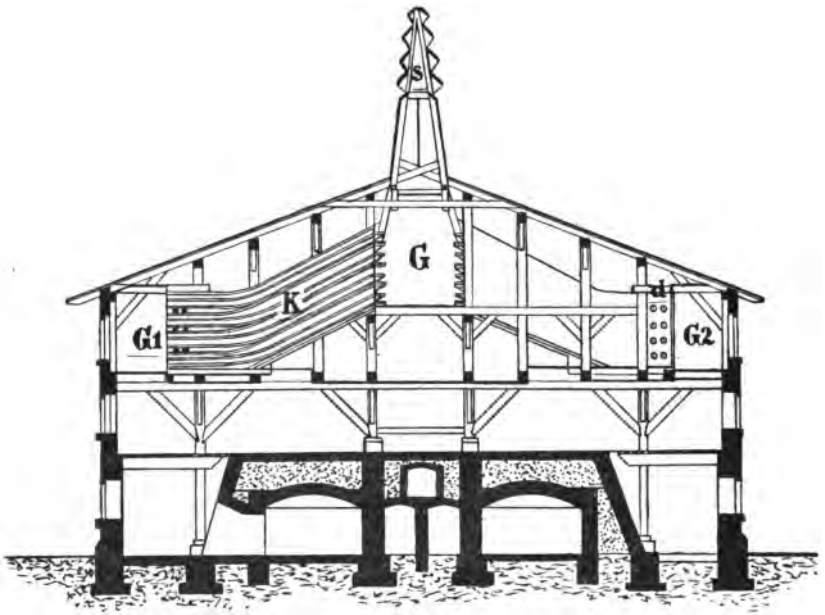


Fig. 8.

vorrichtung — deren auf jeder Ofenseite sich eine befindet — nach unten befördert.

Die Räder der Wagen sind mit starken Gummireifen versehen, die jeden Stoß aufnehmen und daher zum Transport der trockenen Ziegel bis in die Ofenkammern verwendet werden. In dem Ofen befindet sich eine neuere Einrichtung, nämlich die Haedrichschen Heizwände, welche man in Ringöfen einbaut, um die Ware nicht mit dem Brennmaterial in Berührung zu bringen und reinfarbige bessere Ware zu erzielen.

Der von Ad. Francke in Magdeburg-Neustadt erbaute Ofen ist 35.4 m lang, 13.5 m breit, 3.20 m hoch und in 30 kurze Kammern von 2.12 m Länge (von Mitte zu Mitte der Heizwände), 3.5 m Breite und 2.40 m Höhe eingeteilt.

Jede dieser Kammern faßt 300 Mauersteine für die Sohlzüge und 2800 Falzziegel. Der verhältnismäßig kurze Ofen von nur 68 m langem Brennkanal arbeitet mit zwei Feuern, und wird dieses nur durch die Anwendung der Heizwände ermöglicht.

Der Betrieb dieses Ofens mit zwei Feuern muß natürlich streng geregelt sein, weil keine Kammer leer stehen darf, da für jedes Feuer mit Vorwärmung und Abkühlung, Ein- und Aussetzen nur 15 kurze Kammern zur Verfügung stehen.

Durch schnelleres Kühlen geht auch viel Wärme verloren, sodaß verhältnismäßig mehr Kohle verbraucht wird, als bei einem Feuer.

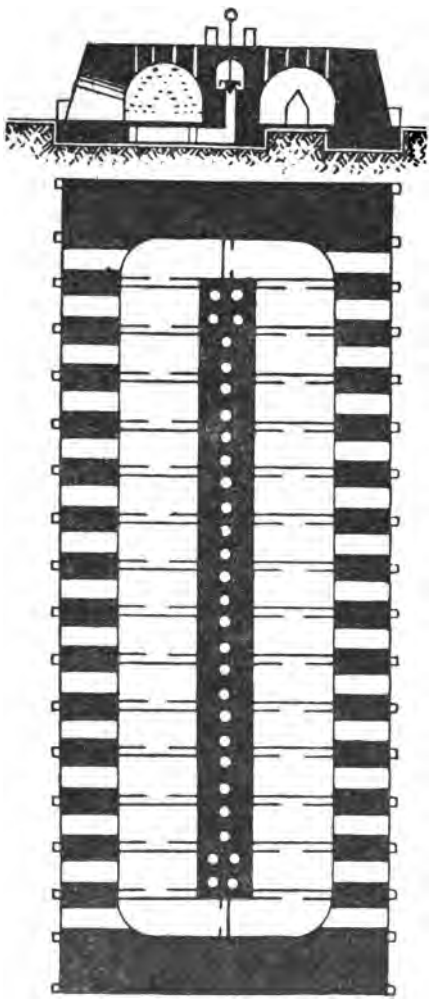


Fig. 9.

Pro Kammer werden 12 Centner böhmische Braunkohle vom Johannis-Schacht verbraucht; dabei werden täglich mit jedem Feuer $2^1/_2$ Kammern gebrannt, zusammen also 5 Kammern mit 14 000 Doppelfalzziegeln und 1500 Mauersteinen.

Bemerkenswert ist noch eine eigentümliche Einsetzmanier der Falzziegel. Diese werden nämlich zum Schutze ihrer Falze aufrecht gestellt, und zwar das erste Blatt zunächst der Feueraustrittsseite der Heizwand in die Zugrichtung, hingegen der ganze übrige Falzziegel-Einsatz quer zur Zugrichtung, um Flammenstrich abzuwenden und gleichmäßig gebrannte Waren zu erzielen.

Die Figur 9 zeigt den Grundriß und Querschnitt des Ofens mit Heizwänden.

Der zum Maschinenbetriebe und zur Trocknerei erforderliche Dampf wird in einem Galloway-Kessel

mit 108 qm Heizfläche und 8 Atmosphären Überdruck, von Gebr. Wolf in Erfurt geliefert, erzeugt. Eine 120 Pferdekraft starke Dampfmaschine von Gebr. Pfeifer in Kaiserslautern, eine vierfach wirkende Dampfpumpe, sowie eine Greve-Pumpe vervollständigen die maschinellen Einrichtungen dieser vorzüglich eingerichteten, gut gehaltenen Fabrik.

2. Feuerfeste Waren.

Die Verarbeitung der feuerfesten Thone geschieht in der Regel etwas anders als die Verarbeitung der Ziegelmaterialien. Während letztere stets eingesumpft werden, geschieht dieses bei den feuerfesten Thonen selten. Diese werden an der Luft oder künstlich getrocknet, um dann wie die Schieferthone auf Kollergängen vermahlen zu werden.

Schwefelkieshaltige Thone machen sich beim Lagern an feuchter Luft dadurch bemerkbar, daß sich aus dem Schwefelkies lösliche schwefelsaure Eisensalze bilden, die beim Trocknen des Thones allmählich an die Oberfläche treten und hier dunkle Anflüge hervorrufen, die später nachteilig auf das Aussehen der Steine wirken.

Enthalten die Thone Schwefelkies in körniger Form, so wird derselbe durch Schlämmen abgesondert. In den seltensten Fällen erhält man jedoch aus schwefelkieshaltigen Thonen gutes, feuerfestes Material.

Die feuerfesten Thone werden in Deutschland nie für sich allein verarbeitet, sondern erhalten stets magernde Zuschläge. Diese sind gewöhnlich Chamotte, d. h. möglichst hoch gebrannter feuerfester Thon, der nach der Art der herzustellenden Produkte verschiedene Korngröße hat, reiner Quarz in gröberen Körnern und Graphit.

Oft vermischt man auch verschiedene Thone, denen man häufig außer den vorhin erwähnten Magerungsmitteln, noch Kapselscherben, Steingut- und Porzellanscherben hinzusetzt.

Thone, die an und für sich schon frühe dicht brennen (Segerkegel 05—1), zeigen mit Chamotte gemagert eine weit höher liegende Dichtbrenntemperatur. Diese ist abhängig von der Menge der zugesetzten Chamotte, von der Korngröße der-

selben und von der Höhe des Brandes des zu Chamotte verarbeiteten Thones.

Der Zusatz von Chamotte kann soweit gehen, als es das Bindevermögen der benutzten Thone erlaubt. Sehr plastischen Thonen kann man 40—60 Prozent gröbere Chamotte und bis 80 Prozent feine Chamotte zusetzen, ohne daß das Bindevermögen des Thones wesentlich abnimmt. Die angegebenen Zahlen sind im Laboratorium für Thonindustrie bei Versuchen mit dem Plastizitätsapparat von Dr. Jochum vom Verfasser gefunden worden, sie stimmten mit den Resultaten, die auf anderem Wege bei denselben Mischungen gefunden worden waren, überein.

Als auffallend könnte hierbei vielleicht erwähnt werden, daß bei einem Zusatz von sehr feiner Chamotte und sehr feinem Sande, wenn der Zusatz unter 30 Prozent war, die Plastizität größer war, als die des reinen Thones. Es müssen also die durch den Sand räumlich getrennten Thonpartikelchen besser zur Wirkung kommen.

Bei höherem Zusatz der sehr fein gemahlenen Magerungsmittel nimmt die Plastizität dem Zusatz entsprechend ab.

Die mit den Magerungsmitteln versetzten und zerkleinerten Thone werden auf die verschiedensten Weisen trocken gemischt. Alsdann wird das Gemenge mit Wasser befeuchtet und durch Thonschneider oder durch Kneten und Treten mit den Füßen homogenisiert. Für bessere Waren läßt man die Gemische auch längere Zeit faulen, um die Massen gleichmäßiger und plastischer zu machen.

Die Verformung der Gemische für feuerfeste Artikel geschieht gewöhnlich häufiger mit Hand, als mit Maschinen.

Die feuerfesten Steine werden in hölzernen Formen, welche durch Eisenblechbeschläge geschützt sind, angefertigt. Die feuchte Masse wird dabei mit Gewalt in die Form geworfen und der Überschuß derselben wie bei den gewöhnlichen Ziegeln abgestrichen. Um das Anhaften der feuchten Masse zu verhindern, bestreicht man das Eisenblech der Formen mit Petroleum, oder bestreut es mit feinem Chamottemehl oder Sand.

Die so geformten Steine werden häufig in halbtrockenem Zustande in Pressen nachgepreßt, um sie im Gefüge dichter und haltbarer zu machen.

Ebenfalls in Holzformen, die aufklappbar sind, werden Glashäfen, die aus möglichst früh dicht brennendem Thone hergestellt werden, und Muffeln geformt. Dieses geschieht in der Weise, daß an den Wänden der Formen die Masse angesetzt wird und mittelst Holzschlägeln festgeklopft und geebnet wird. Ist die Masse lederhart geworden, so nimmt man die Formen ab.

Kleinere Kapseln formt man über Gipskerne oder mittelst Kapselpressen, größere Sorten werden aus Masselappen oder Schwanten über Holztrommeln gefertigt.

Diese stellt man auf Masseblätter von richtiger Scheibenstärke und schneidet nach dem Trommelquerschnitte die Kapselböden, legt Masselappen von der Höhe und dem Umfange der Kapseln an und verbindet diese Seitenteile mit dem Boden durch Andrücken, Anfeuchten und Verstreichen.

Schmelztiegel werden auf der Töpferscheibe aus freier Hand geformt oder mittelst Hand- oder Maschinenkraft vermittelst hohler Formen und Stempel gepreßt, oder man formt sie über Holzformen.

Graphittiegel*) werden so hoch gebrannt, daß das gebundene Wasser vollständig ausgetrieben wird.

Zinkdestilliergefäße und Gasretorten werden in zerlegbaren Formen mit der Hand hergestellt, wobei zum Schlusse das Innere der Gefäße mittelst Klopfholzes von hinten nach vorn bearbeitet wird. Die Ausputzung wird mit einem Mörtel aus 4 Teilen Chamottestaub und 1 Teil Thon auf einer filzbelegten Eisenscheibe vorgenommen.

Das Trocknen der geformten feuerfesten Fabrikate muß mit größter Sorgfalt überwacht werden und langsam und allmählich vor sich gehen.

Die frisch geformten Waren läßt man gewöhnlich zunächst an Ort und Stelle stehen, bis sie transportabel sind. Bei feuchtem Klima kommen sie auch in Trockenräume, die auf 15—18° C geheizt sind und in welchen die Luftzufuhr reguliert werden

*) s. Eisenzeitung Jahrgang 1901 Nr. 28.

kann. Allmählich wird dann die Temperatur und die Luftzufuhr gesteigert, bis die Waren vollständig trocken sind, was öfters monatelang dauern kann. An freier Luft werden fast nur die feuerfesten Backsteine getrocknet, die in Holzschuppen lagern, wo sie gegen Feuchtigkeit und Regen geschützt sind.

Die getrockneten Waren kommen entweder als solche zur Anwendung, oder sie werden gebrannt.

Besondere Öfen sind zum Brennen der feuerfesten Produkte nicht im Gebrauch, sondern man benutzt je nach Bedarf Ziegelöfen, Töpferöfen oder Porzellan- und Steingutöfen, Gasöfen.

Am meisten in Anwendung sind heute kontinuierliche Öfen mit Gasfeuerung.

Die Brenndauer richtet sich nach dem Material und der Art der Waren; dieselbe dauert bei Dinas manchmal bis zu 7 Tagen.

Zu den feuerfesten Waren muß man ferner noch die Quarzziegel, Dinas-Steine und die Magnesit-Steine rechnen. Dinas-Steine*) werden aus 90—98 Teilen Quarz und 2 Teilen Kalk neben 0—8 Teilen thoniger Massen hergestellt.

Der rohe oder häufig auch gebrannte Quarz wird grob zerkleinert und in einem Raume mit wasserdichtem Fußboden derart gemengt, daß man die Quarzmasse 45—60 cm hoch ausbreitet, an zwei Wänden entlang eine etwa 30 cm breite Rinne offen läßt, in welche man Kalkmilch fließen läßt. Diese bedeckt man schnell mit der Quarzmasse und mischt dann die gesamte Masse durch mehrmaliges Umstechen.

Nach erfolgter Homogenisierung der Massen werden die Dinas-Steine in eisernen Formen mittelst einer starken Handpresse hergestellt. Nach Entfernung der Form werden die auf Eisenplatten ruhenden Steine in einer geheizten Trockenkammer 1 Tag lang getrocknet und dann in den Brennofen gebracht, wo sie der stärksten Hitze ausgesetzt werden (Seger-Kegel 14—20).

Die Dinas-Steine werden fast ausschließlich zu Gewölbesteinen verarbeitet, die hohe Temperatur auszuhalten haben und die der Einwirkung von basischen Schlacken nicht ausgesetzt sind, noch Temperaturwechsel auszuhalten haben.

*) Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung, Jahrgang 1901, Nr. 70.

Die Magnesitsteine dienen zum Ausmauern des Innern der Flammöfen (z. B. der Martinöfen) und werden hergestellt aus Magnesit, welchen man zum Teil bis zur Sinterung, zum Teil schwach gebrannt hat. Mitunter setzt man auch diesen Massen etwas feuerfesten Thon hinzu. Die Magnesitsteine müssen bis zur vollkommenen Sinterung (je nach der Art der Rohmagnesite bei Segerkegel 26—30) gebrannt sein, wenn sie beim Erhitzen im Feuer widerstandsfähig gegen Schlag oder Stoß sein sollen. Die weniger scharf gebrannten Steine zerfallen beim Berühren in der Weißglühhitze. Außer den Magnesitsteinen fertigt man mit Chlormagnesium als Bindemittel aus sintergebranntem Magnesit Tiegel an, die zum Schmelzen von Metallen benutzt werden.

3. Töpfer-Geschirr.

Die zur Verarbeitung kommenden, eisenhaltigen, ordinären Töpferthone werden durch Zusätze von Magerungsmitteln, falls die Thone zu fett sein sollten, vorbereitet. Diese Magerungsmittel sind: Ziegelmehl, Kreide und feiner Sand, oder man mischt mehrere Thonsorten miteinander.

Die Menge der zuzusetzenden Magerungsmittel muß für jeden Thon ausprobiert werden, denn der Thon darf nicht zu fett bleiben, noch zu mager werden.

Fette Thone schwinden stark und springen leicht, magere Thone geben Waren von nur geringer Festigkeit.

Die zerkleinerten mit Magerungsmitteln versetzten Thone werden in ausgemauerten Bassins mit Wasser angemacht. Nach dem vollständigen Durchfeuchten werden die Thonmassen durch Umstechen gut durchgearbeitet und homogenisiert. Alsdann werden Ballen geformt, die nach dem nochmaligen Schlagen, Treten und Kneten im Vorratskeller aufbewahrt werden. Diese werden vor der Verarbeitung nochmals durchgeknetet und eventuell durch Thonschneider geschickt — bei größeren Betrieben — oder mittelst Knetmaschinen hergerichtet.

Das Verformen der gut vorbereiteten Massen geschieht zum größten Teil auf der Drehscheibe mit der Hand.

Sind die gedrehten Waren lederhart geworden, so werden sie abgedreht und mit Verzierungen, Ansätzen etc. versehen und gegebenen Falles mit anders gefärbten Thonen engobiert.

Die Geschirre werden gewöhnlich in den Arbeitsräumen an der Luft getrocknet.

Ordinäre Töpferwaren werden dann direkt nach dem Trocknen mit Glasur versehen, bessere Waren werden erst verschrüht und dann glasiert. Das Brennen der Töpferwaren wird am häufigsten in liegenden Öfen vorgenommen. Ein solcher Ofen besteht aus einem flachen Gewölbe y aus feuerfesten Ziegeln. Der eigentliche Brennraum B besitzt einen trapezförmigen Querschnitt (Figur 10).

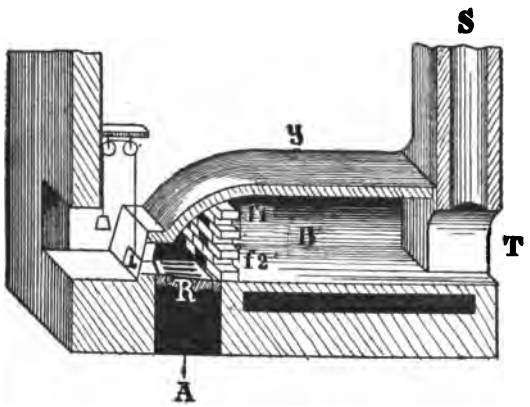


Fig. 10.

R ist der Rost, A der Aschenfall, F die Feuerkammer, f_1 f_2 eine aus feuerfestem Material mit vielen quadratischen Löchern versehene Mauer, der sogenannte Ständer, der zum Abhalten der Flugasche von den Waren dient und zur gleichmäßigen Verteilung der Flamme. Bald nach Beginn des Brandes wird dieses Mauerwerk glühend; es entzünden sich hier die Rußteilchen der Flamme, so daß also durch die Mauer eine Rauchverbrennung stattfindet. Die Feuergase ziehen durch den Schornstein S ab. Bei T befindet sich eine Thür, durch welche die Waren eingetragen werden. Während der Ofen im Gange ist, wird dieselbe bis auf einige Schaulöcher vermauert. Die Befeuerung kann mit Holz, Braun- und Steinkohlen geschehen.

Obgleich dieser Ofen den Übelstand hat, daß die Temperatur ungleichmäßig verteilt ist, findet er sich doch noch am häufigsten und sind die runden, stehenden Öfen, ebenso

wie die kontinuierlichen und Gasöfen noch wenig im Gebrauch. Die Öfen werden möglichst vollgesetzt und zwar so, daß die unglasierten Flächen sich berühren und die dickwandigsten Gefäße an die heißesten Stellen gestellt werden.

Kleinere Gefäße setzt man in größere Hohlgefäße hinein und verhindert ein Zusammenschmelzen der Glasuren mittelst spitzer Thonzäpfchen.

Die Brenntemperatur ist sehr verschieden und schwankt zwischen dem Schmelzpunkt der Segerkegel 015—1. Die Zeitdauer des Brandes ist 1 bis 3 Tage.

Zu dem Töpfergeschirr kann man auch die ordinäre Fayence, ordinäres Steingut oder Majolika zählen. Auf die Zubereitung der dunkel gefärbten Thone legt man jedoch noch mehr Sorgfalt, als auf die der Töpferwaren. Die Thone werden fast immer sorgfältigst geschlämmt, um Steine und groben Sand zu entfernen. Magerungsmittel werden in feinster Form zugesetzt, andere Thone im geschlämmten Zustande. Bemerkenswert ist ein bestimmter Gehalt an kohlensaurem Kalk, da sich herausgestellt hat, daß die zinnhaltige Glasur besser auf dem kalkhaltigen Scherben haftet.

Die Thonmassen werden in Rührbottichen oder Bassins aufgeschlämmt, der Thonschlamm abgezogen und stehen gelassen, wobei die gröberen Bestandteile sich zu Boden setzen oder durch Siebe entfernt werden.

Die Magerungsmittel werden dem gereinigten Thonschlamm zugesetzt und die Masse dann an der Luft oder durch besondere Vorrichtungen soweit entwässert, bis sie formbar ist.

Hierauf wird die Masse geknetet und geschlagen und ebenfalls zu Ballen verformt, die an einem feuchten Ort aufbewahrt werden.

Ordinäre Fayence wird wie das Töpfergeschirr verformt; bei feineren Waren werden Gipsformen verwendet.

Die lederharten Stücke werden bisweilen weiß oder farbig engobiert. Die an der Luft getrockneten Waren setzt man zunächst dem Verglühbrande aus, wobei die Scherben hart und klingend werden, ohne eine gewisse Porosität einzubüßen.

Wie die Massen, so werden auch die Gasuren sorgfältiger bereitet und stets eingefrittet.

Sie werden in einem zweiten Brande den Gefäßen aufgebrannt.

Das Brennen der Fayence-Waren geschieht in stehenden Öfen von Feuerungen mit Planrost und in Steingutöfen.

Oft wird der Glasurbrand und der Verschrühbrand gleichzeitig ausgeführt, indem man an die heißesten Stellen der Öfen die glasierten, und an die am wenigsten heißen die zu verglühenden Waren stellt.

Die Erzeugnisse werden nicht im freien Feuer, sondern in innen glasierten Kapseln gebrannt, auf daß die Gefäße vor der Berührung mit der Flamme und vor der Flugasche geschützt sind.

Die besseren Geschirre werden auch nach dem Glasurbrande häufiger farbig verziert. Die Farben müssen einen niedrigeren Schmelzpunkt haben als die Glasur, denn letztere darf beim Einbrennen der Farben im Fayenceofen nicht schmelzen. Die bemalten Gegenstände werden daher an die am wenigsten heißen Stellen der Öfen eingesetzt.

Steinimitationen, Marmorgeschirre und Achatgefäße werden auf die Weise hergestellt, daß man auf den rohen Scherben farbige Glasuren aufträgt, die in einander laufen oder übereinander gelegt werden; auch trägt man auf die rohglasierten Waren Farben auf, die mit der Glasur zusammen eingebrannt werden.

Außer den leicht schmelzenden Farben werden Bilder aufschabloniert oder mittelst Abzuges hergestellt, die in schwacher Rotglut in Muffeln eingeschmolzen werden.

Zur Fayence oder den ordinären Steingutwaren kann man auch die Ofenkacheln rechnen. Zur Fabrikation dieser verwendet man kalkhaltige, gelbbrennende Thone, die meist schon frühe, bei Segerkegel 1 schmelzen. Da die Kacheln einen raschen Temperaturwechsel vertragen müssen, so hat man dafür Sorge zu tragen, daß der gebrannte Scherben porös bleibt. Zu diesem Zwecke setzt man Thonen, die nicht genügend

kohlensauren Kalk enthalten (25—30 Prozent), solchen hinzu oder mischt kalkreiche oder kalkarme Thone miteinander.

Nur für minderwertige Waren wird man den Thon direkt verarbeiten können; gewöhnlich jedoch sind die Fabrikanten gezwungen zur Herstellung von besseren Erzeugnissen ihren Thon zu schlämmen.

Der Schlamm wird wie bei der Fayence-Fabrikation mit den nötigen Magerungsmitteln, wie: Sand, Ziegelmehl, Mergel vermischt und künstlich entwässert. Die Massen werden dann mit der Hand oder mit Maschinen durchgearbeitet und homogenisiert.

Das Formen der Ofenkacheln geschieht selten mittelst Maschinen, gewöhnlich werden dieselben mit der Hand hergestellt.

Die einzelnen Stücke der Kacheln werden aus dem Thonklumpen herausgeschnitten und dieselben mit dünnflüssiger Masse (Schlicker) aneinander geklebt und gut verstrichen. Verzierte Kacheln und Gesimsstücke werden in Gipsformen angefertigt.

Farbige Engoben sind selten, doch werden die Kacheln oft weiß engobiert und glasiert.

Das schwierigste bei der Fabrikation der Ofenkacheln ist das Trocknen. Die Trocknung muß äußerst langsam vor sich gehen, damit sich die Kacheln nicht verziehen, da dieselben sich im anderen Falle nicht gut miteinander verbinden lassen.

Nach dem Trocknen werden die Kacheln, Gesimse etc. mit dem Messer nachgezogen und gleichmäßig gemacht. Gewöhnliche Kacheln werden roh glasiert und in einem Brande fertig gestellt. Das Brennen wird im Töpfer- oder Fayence-Ofen vorgenommen.

Die besseren Kachelsorten werden verglüht und auf Scheiben vollständig glatt und eben geschliffen. Gute Kacheln müssen von gleicher Größe und rechtwinklig sein, damit beim Zusammensetzen keine Fugen entstehen. Die Schmelzglasur wird durch Begießen oder durch Tauchen auf den Scherben gebracht, bunte Farben und Verzierungen werden mit dem Pinsel hergestellt.

Die weißen und farbigen Glasuren werden gewöhnlich im Casseler Ofen mit Holzfeuerung eingebrannt. Bei Kohlenfeuerung kann man nur die rohe Ware im freien Feuer brennen, die glasierten Waren werden in Kapseln gebrannt. Große Stücke schützt man durch Thonplatten gegen die Flugasche.

Die dunklen, meist grün glasierten Öfen nennt man „Altdeutsche“ Öfen. Auch die Kacheln können mit Porzellanfarben verziert und im Muffelbrande eingebrannt werden.

Bei durchsichtigen Glasuren müssen die Massen weiß sein oder einen weißen Beguß tragen, damit der gefärbte Scherben nicht durchschimmern kann.

4. Steingut — feine Fayence.

Das feine Steingut wird in zwei Bränden hergestellt und hat den Vorzug vor dem Porzellan, daß es im Feuer nicht erweicht; mit Hartsteingut bezeichnet man in der Regel Feldspathsteingut. Die Formgebung kann eine reichere und mannigfaltigere sein, wie beim Porzellan.

Man teilt das Steingut ein in:

1. das kalkhaltige Steingut,
2. das feldspathhaltige Steingut.

Die weißbrennenden Thone werden zur Steingutverarbeitung sorgfältigst geschlämmt und der feine Schlamm eingedickt. Wird Kaolin verwandt, so wird derselbe geschlämmt zugesetzt.

Die Magerungsmittel: Quarz, Feldspath, Marmor, Kalkspath oder Kreide werden auf Kollergängen zerkleinert und in Kugelmühlen fein gemahlen.

Feldspath und Quarz werden vor der Verarbeitung meist geglüht und müssen dann rein weiß und nicht durch Eisenoxyd gefärbt sein.

Die zu verarbeitenden Massen werden durch Mischen der Rohmaterialien in Schlammform hergestellt.

Der Schlamm wird durch Filterpressen vom Wasser befreit und die aus den Pressen genommenen Kuchen sorgfältigst

durchgeknetet, bis eine vollständige Homogenisierung der Massen erreicht ist.

Häufig läßt man dann die Massen im Keller lagern, um sie gleichmäßiger zu machen, wobei die Luftblasen durch festes Aufeinanderklopfen der Massen entfernt werden. Bei dem Verformen der Masse legt man große Sorgfalt auf die Herstellung der Stücke. Die Handformerei tritt nunmehr in den Hintergrund, und das Formen geschieht nun fast ausschließlich in Gips- oder Thonformen.

Diese werden unter Berücksichtigung der Schwindung mit großer Sorgfalt hergestellt.

Das Formen geschieht in der Weise, daß Hohlgeschirre durch Eindrücken der Thonmasse in die Gipsform hergestellt werden, wobei die überschüssige Masse durch eine Schablone fortgenommen wird. Vorstehende Teile werden in Gipsformen gequetscht und angesetzt.

Die fertig geformten Gegenstände werden verputzt, geglättet und die glatten Erzeugnisse abgedreht und mit Kautschuk poliert. Gefärbte Massen werden hergestellt durch Aufgießen der betreffenden Engobe.

Das Trocknen der frisch geformten Waren geschieht gewöhnlich in den Arbeitsräumen auf besonders dazu hergerichteten Lattengestellen. Größere Fabriken trocknen in eigenen Trockenräumen mittelst der vom Ofen abziehenden Wärme oder durch Dampfheizung.

Selbstverständlich muß das Trocknen sehr langsam vor sich gehen, damit ein Krummwerden oder Reißen der gefertigten Waren vermieden wird.

Die getrockneten Waren werden zwei Bränden ausgesetzt, denn man kann diese nicht wie bei der Fayence in einem Brande an verschiedenen Stellen im Ofen vornehmen, da die Temperaturdifferenz zwisohen den einzelnen Bränden gewöhnlich zu groß ist.

Beim ersten Brande, bei dem Verschrüh- oder Biskuitbrande, wird bei besseren Steingutwaren die Temperatur auf Kegel 3—10 gesteigert. Zum Brennen benutzt man gewöhnliche Öfen mit Steinkohlenfeuerung und rückschlagender

Flamme, selten die Öfen mit Gasfeuerung. Die Form der Öfen ist rund, und läßt diese Form eine gleichmäßigere Verteilung der Hitze zu als die eckigen.

Sämtliche besseren Steingutwaren werden stets in feuerfesten Chamottekapseln gebrannt, um die Waren vor der direkten Flamme und der Flugasche zu schützen, wobei der Boden der Kapseln mit weißem, reinem, feuerfestem Sande ausgestreut ist, damit die eingesetzten trockenen Steingutwaren keine Schrammen erhalten. Die gefüllten Kapseln werden in dem Ofenraum bis zur vollen Höhe des Ofens in Säulenform aufgebaut. Zwischen je zwei Kapseln werden Stücke weichen, feuerfesten Thones gelegt, um die Kapseln möglichst vor Rauch und Flugasche zu bewahren.

Nach dem Kaltwerden des Ofens wird derselbe entleert und die Geschirre entweder direkt glasiert, oder erst mit gewissen Farben, den Unterglasurfarben, bemalt und dann glasiert.

Als Glasuren für bessere Steingutwaren wendet man sowohl bleihaltige, als auch bleifreie Glasflüsse an.

Die Glasurrohmaterialien werden mit besonderer Vorsicht ausgesucht und die harten auf Kollergängen möglichst fein vermahlen und dann gesiebt. Nach dem sorgfältigsten Vermischen werden die Glasuren gefrittet, in großen Betrieben in besonders dazu hergestellten Öfen, in kleinen Betrieben in mit Quarzsand ausgegossenen Kapseln.

Die Öfen zum Einschmelzen der Glasur sind so eingerichtet, daß man nach und nach die Rohglasur eintragen kann, während die geschmolzene Fritte abgezogen und durch Einlaufenlassen in Wasser abgeschreckt werden kann.

Das Abschrecken hat den Zweck, die Fritte mürber zu machen, um sie leichter zerkleinern zu können. Diese wird dann auf der Glasurmühle fein vermahlen, mit einem Teil der ungefritteten Glasurmasse versetzt, um ein besscres Auftragen der Glasur zu ermöglichen; denn eine vollständig gefrittete Glasur setzt sich sehr leicht ab und muß daher sorgfältigst vor jeder Benutzung aufgerührt werden.

Das Glasieren geht durch Begießen und Tauchen vor sich; die glasierten Waren werden beputzt und gebrannt.

Das Brennen der Glasur geschieht in kleinen Öfen mit überschlagender Flamme in Kapseln wie bei dem Biskuitbrande. Das Zusammenbacken der glasierten Flächen wird mit spitzen Thonpinnen verhindert.

Beim Glasurbrande wird der Ofen rascher abgebrannt wie bei dem Biskuitbrande. Die Temperatur des Glasurbrandes liegt zwischen den Segerkegeln 010—3, je nach der Güte des erhaltenen Steingutes.

Außer durch Glasur verziert man die besseren Steingutwaren auf mancherlei Art:

1. Durch Überziehen mit durch Metalloxyden gefärbten Begüssen,
2. durch Bemalen mit verschieden gefärbten Glasuren,
3. durch Farben unter der Glasur,
4. durch Farben über der Glasur,
5. durch Einbrennen von leicht schmelzenden Farben wie bei der Fayence im Muffelofen.

Die Begüsse werden in lederhartem Zustande aufgegeben; das Bemalen mit gefärbter Glasur geschieht mit dem Pinsel, ebenso das Auftragen der Farben vor dem Glasieren, was auch durch Aufdrücken mittelst Schablone oder Abziehbilder geschehen kann.

Die Farben über der Glasur werden ebenfalls mit dem Pinsel aufgetragen.

Die Mannigfaltigkeit der Farben ist bei der Steingut-Fabrikation größer als beim Porzellan, da beim Brennen des letzteren viele Farben schon zerstört werden.

Den Typus eines Steingutofens soll Figur 11 ausdrücken. A ist der Brennraum. K ist der Kanal, der zum Schornstein führt. B ist eine Kuppel zum Schlot, durch den beim Abkühlen des Ofens der nötige Zug entsteht, und der während des Brandes mit einer feuerfesten Thonplatte verschlossen ist.

5. Klinker.

Klinker werden ebenfalls wie die Mauersteine hergestellt und eventuell nachgepreßt. Man benutzt zur Herstellung der-

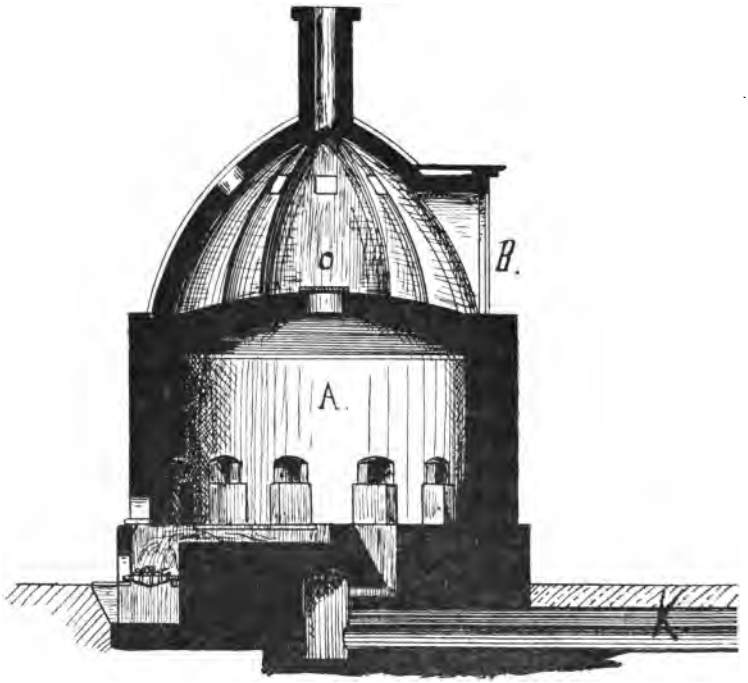


Fig. 11.

selben möglichst fette Thone, die durch Eisen gefärbt sind, und denen man nötigenfalls Magerungs- und Flußmittel hinzusetzt.

Den Klinkern im Bruche ähnlich sind die Platten, Wandbekleidungsstücke etc.

Diese bestehen jedoch zumeist aus feineren, gewöhnlich feuerfesten Thonen, die sehr gleichmäßig und nicht zu stark schwinden müssen. Als Magerungsmittel der gut vorbereiteten Thone dient Sand, als Flußmittel Feldspath und Kalk.

Die Mischung wird durch Thonschneider gut durchgearbeitet und durch Pressen verformt.

In neuerer Zeit werden jedoch die Rohmaterialien feinst vermahlen und die Platten trocken gepreßt, da bei letzteren die Schwindung nicht so groß ist, und infolgedessen ein Verziehen nicht so leicht vorkommen kann.

Um gefärbte Verzierungen anzubringen, werden die gefärbten Thonmassen in Blechschablonen auf die Stahlplatten aufgestreut und darüber die reinfarbige Hauptmasse aufgepreßt. Zur Erzeugung von gleichmäßig großen und ebenen Platten werden die lederharten Gegenstände nach einer eigenen Schablone sorgfältigst nachgeschnitten.

Die Klinker werden in einem besonderen Raume langsam getrocknet, in welchem die Luftzufuhr regulierbar ist, um ein rasches Verdunsten des Wassers zu vermeiden, auf daß keine Sprünge und Risse entstehen.

Zum Brennen der Klinker kommen fast alle Ziegelöfen zur Anwendung. Am rationellsten fabriziert man in kontinuierlichen Ringöfen. Der Brand der Platten geschieht wie bei den Klinkern, doch kann derselbe auch in muffelartigen Öfen zum Schutze der Farben gegen Flugasche vorgenommen werden, und zwar gewöhnlich bei Gasfeuerung.

Auch werden die Platten in Kapseln gebrannt, in welchen dieselben über oder neben einander geschichtet werden.

6. Steinzeug.

Zur Fabrikation von ordinärem Steinzeug verwendet man plastische, wenig feuerfeste Thone, sogenannte Steinzeugthone, die soviel Flußmittel haben müssen, daß sie beim Brennen, ohne zu schmelzen, sintern und dicht brennen.

Die zur Verarbeitung kommenden Thone müssen fast immer gemagert werden; man benutzt zur Magerung Sand, Chamotte, Steinzeugbruchscherben, auch werden fettere und magere Thone gemischt.

Die Zubereitung der Massen darf bei dem ordinären Steinzeug nicht viel Arbeit und Zeit in Anspruch nehmen. Die getrockneten Thone werden zerkleinert mit den Zusätzen versehen und eingesumpft.

Das eingesumpfte Material wird dann nach dem Lagern mittelst Thonschneider gut homogenisiert; nach einiger Zeit kann dann die Thonmasse verarbeitet werden.

Die Herstellung der Gefäße bei ordinärem Steinzeug geschieht ausschließlich mit der Hand durch Aufdrehen auf der

Töpferscheibe. Die lederharten Gegenstände werden abgedreht und nachgeputzt.

Vertiefte Verzierungen werden aufgepreßt, erhabene in Gipsformen hergestellt und mit Schlicker aufgeklebt.

Größere Gefäße werden stückweise bei reichen Verzierungen in Gipsformen gepreßt und die einzelnen Teile mit Schlicker zusammengesetzt. Im Innern der Gebrauchsgeschirre aus Steinzeug bringt man oft weiße Begüsse an.

Röhren aus Steinzeugthonen zur Kanalisation oder zu Wasserleitungen werden jetzt fast allgemein mittelst aufrechtstehender Röhrenpressen geformt.

Das Trocknen der frisch geformten Waren muß sehr langsam vor sich gehen, um besonders die großen Stücke rissefrei zu erhalten, und geschieht in den Arbeitsräumen oder bei größeren Betrieben in besonders hergerichteten Trockenanlagen.

Als Glasuren für ordinäres Steinzeug gebraucht man:

a) Salzglasuren (durch Anflug von Kochsalz im Ofen entstanden),
b) Bleiglasuren, die meistens auf den gebrannten Scherben aufgetragen werden,
c) Erdglasuren, die der rohe Scherben erhält.

Die gut getrockneten Waren werden gewöhnlich in Öfen mit durchbrochener Sohle gebrannt; es sind dies liegende Öfen (Figur 12).

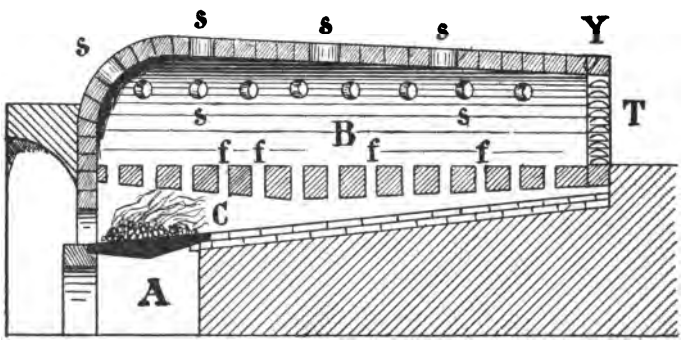


Fig. 12.

Y = feuerfestes Gewölbe, S = Öffnungen für die Feuergase, T = Stirnwand, die nur während des Brandes aufgemauert wird, C = Feuerung mit Planrost, A = Aschenfall, B = Brennraum, ff = Füchse.

Aber auch stehende Öfen sind im Gebrauch; letztere sind den Steingutöfen ähnlich.

In liegenden Öfen werden die Waren direkt, in stehenden Öfen mit Kapseleinsätzen gebrannt, um ein Verdrücken der untersten Reihe zu vermeiden.

Das Brennen dauert wegen der Plastizität der Massen, die die Feuchtigkeit schwer abgeben, sehr lange und zwar durchschnittlich 2—3 Tage. Die Brenntemperatur schwankt zwischen den Seger-Kegeln 3—10.

Die Salzglasur wird gegen Ende des Brandes erzeugt, indem bestimmte Mengen Kochsalz je nach der Größe des Ofens in den Brennraum geschaufelt werden. Das Kochsalz zersetzt sich, verdampft und das sich entwickelnde Natrium bildet mit der Kieselsäure des Scherbens Natriumsilikat, das nun die Glasur der Gefäße resp. Röhren bildet.

Man giebt nun nach einiger Zeit eine zweite Portion Kochsalz in den Ofen und schließt dann die Feuerungen.

Wird in Kapseln gebrannt, so kann man nicht salzen, sondern muß jeder Kapsel eine Substanz hinzusetzen (Chlorblei, Chlornatrium, Bleioxyd, Borsäure), die sich in hoher Temperatur verflüchtigt und dann die Glasur der Gefäße bildet.

Die Bleiglasuren werden nach dem Brennen aufgetragen und in einem schwächeren Brande eingebrannt.

Die Erdglasuren sind Thon- und Lehmglasuren mit Feldspath, Marmor, Kreide, Quarz und werden auf den rohen Scherben aufgetragen und mit demselben gebrannt.

Zu feineren Steinzeugwaren (Wedgewood) werden hellfarbige Thone verwandt oder kaolinartige Thone, Porzellan-Erden, nur in geringeren Mengen wie beim Porzellan.

Als Flußmittel dienen Feldspath, Granit, Quarz. Farbige Massen werden durch Zusätze von Metalloxyden hergestellt oder durch farbige Thone.

Die zur Verarbeitung kommenden Massen werden fein gemahlen und aufgeschlämmt. Der Schlamm wird durch Filterpressen entwässert und die fertige Masse gut homogenisiert.

Die Massen werden teils auf der Drehscheibe mit der Hand, teils in Formen mit großer Sorgfalt verarbeitet und die einzelnen Teile oft in verschiedenen Farben angarniert oder mittelst gefärbter Engoben überzogen.

Die aus den feinen Steingutthonen hergestellten Waren sind meistens Dekorations- und Prunkgefäße, die sich durch scharfe Konturen und exakte Arbeit auszeichnen. Die frisch geformten Waren werden vorsichtig an der Luft getrocknet und dann in Kapseln in liegenden oder stehenden Öfen gebrannt.

7. Porzellan.

Ein Hauptbestandteil des Porzellans ist der Kaolin oder die Porzellanerde, ein Thon, der im geschlämmten Zustande fast frei von fremden Beimengungen, wie Quarz und Feldspath, ist und der reinen Thonsubstanz Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$ möglichst nahe kommt.

Zur Porzellanbereitung ist der geschlämmte Thon zunächst einer rationellen Analyse zu unterwerfen und nach den Ergebnissen dieser Analyse sind dem geschlämmten Thon so viel Quarz und Feldspath hinzuzusetzen, daß die Masse für Hartporzellan im Mittel besteht aus:

50 Teilen geschlämmten Kaolin,
25 „ Feldspath,
25 „ Quarz.

Die Vorbereitung der Massen für die Porzellanfabrikation erfordert die größte Sorgfalt.

Der zur Verarbeitung kommende Kaolin wird nur geschlämmt verbraucht, und beziehen die Porzellanfabriken gewöhnlich schon den Kaolin geschlämmt von den Kaolin-Schlämm-Werken. In der Regel aber wird er nochmals einer sorgfältigsten Schlämmung unterworfen, um den Kaolin möglichst rein zu erhalten.

Die zur Porzellanbereitung nötigen Mengen an Quarz und Feldspath müssen ebenfalls sehr rein und möglichst eisen-

frei sein. Behufs leichterer Verarbeitung werden Quarz und Feldspath vorerst geglüht, wonach die reinsten Stücke ausgesucht werden, die nunmehr zunächst auf Kollermühlen zerquetscht und dann auf Trommelmühlen möglichst fein gemahlen werden.

Den Schlamm des Kaolins, dessen Gehalt an Trockensubstanz bekannt ist, vermischt man nun mit den berechneten Mengen Quarz und Feldspath in eigens dazu hergerichteten Bottichen mittelst Quirlen.

Darauf wird der Schlamm mittelst Filterpressen entwässert und die weiche Masse durch Kneten und Schlagen homogenisiert.

Hiernach kommt die Masse in einen feuchten Kellerraum, woselbst sie oft bis zu einem halben Jahr liegen bleibt, um durch das Faulen plastischer zu werden. Es wird hierdurch eine Zersetzung des Feldspathes eingeleitet, wodurch die Masse leicht verarbeitbar wird. Nach dem nochmaligen Umschichten und Kneten ist die Masse nun zur Verarbeitung fertig.

Das Verformen der Porzellanmasse geht auf der Drehscheibe mit der freien Hand und durch Gipsformen vor sich mit Hilfe von Schablonen wie bei der Fayence-Fabrikation, doch geht die Formgebung nicht so glatt von statten wie bei der Steingutfabrikation, da die verarbeitete Masse zu den mageren gerechnet werden muß.

Die meisten Gegenstände aus Porzellanmasse formt man auch durch Gießen. Zu dem Zwecke wird die Porzellanmasse mit Wasser in Rahmkonsistenz aufgeschlämmt und dann in Gipsformen gegossen, die wieder ausgeschwenkt werden, sodaß innen hohle Gegenstände entstehen.

Die lederharten Gegenstände werden dann wie bei der Steingutfabrikation verputzt, geglättet, abgedreht und verziert.

Das Trocknen der frisch geformten Waren geschieht gewöhnlich in den Arbeitsräumen auf Lattengestellen; es trocknen die mageren Massen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur vollständig aus.

Die Porzellanmasse kann man nicht roh glasieren, da die magere Masse begierig aus der Glasur Wasser aufsaugen und zerfallen würde; es ist daher nötig, die getrockneten Gegenstände vor dem Glasieren zu verglühen. Dieses geschieht gleichzeitig mit dem Scharfbrande in dem zum Brennen des Porzellans gebrauchten Etagenofen (Figur 13). In denselben

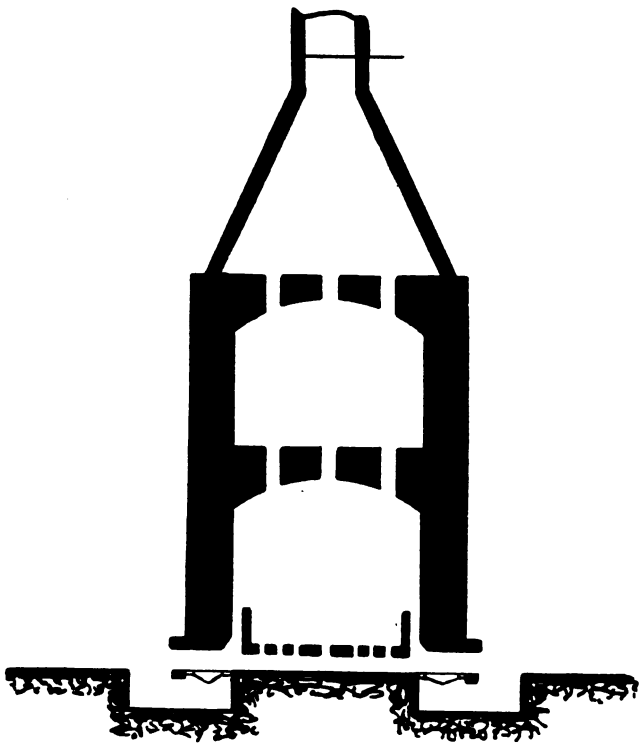


Fig. 13.

werden die Waren, die verglüht werden sollen, zu oberst, die im Scharffeuer zu brennenden unten eingesetzt. Biskuitporzellan, d. h. unglasiertes Porzellan kommt direkt ins Scharffeuer (Kegel 14—20 der Seger'schen Reihe).

Als Porzellanglasuren verwendet man der Porzellanmasse ähnlich zusammengesetzte Gemenge, die nur mehr Flußmittel enthalten.

Diese Rohbestandteile der Porzellanglasur werden nicht gefrittet, sondern in dem richtigen Verhältnis auf Glasurmühlen feinst vermahlen. Die Glasur wird auf den verglühten Scherben durch das Tauchverfahren aufgetragen. An den Stellen, wo die Glasur zu dick liegt, wird dieselbe hinweggenommen, während sie an zu dünnen Stellen nachgetragen wird.

An den Füßen und Böden wird die Glasur entfernt, um ein Anschmelzen der Gegenstände zu verhindern.

Außer den Etagenöfen verwendet man zum Brennen größerer Stücke aus Porzellanmasse liegende Kammeröfen mit Gasfeuerung (Figur 14), die dem Ringofen ähnlich angelegt sind.

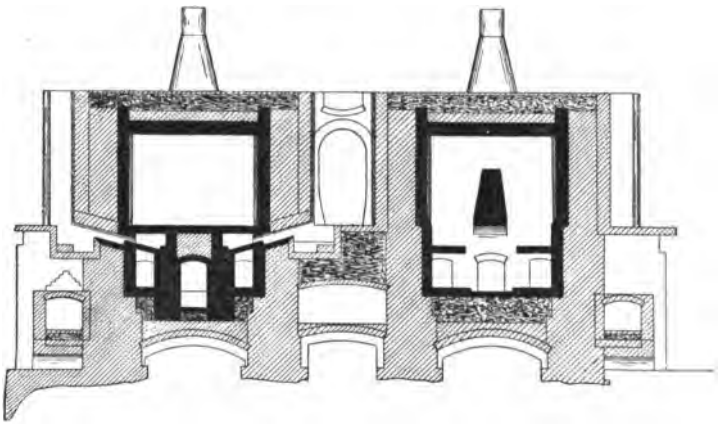


Fig. 14.

Bei beiden Öfen wird möglichst gleichmäßige Temperatur angestrebt und ist dieselbe von großem Vorteil, da man nicht mit zu viel Ausschußwaren zu thun haben will.

Alle Gegenstände werden in hochfeuerfesten Chamottekapseln gebrannt, die nach den zu brennenden Waren angefertigt werden müssen. Größere Stücke werden dabei durch Stäbe aus der selben Masse gestützt, so daß die weich werdende Masse sich nicht verbiegen kann.

Bei dem Hartporzellan können nur wenige Unterglasurfarben wegen der hohen Brenntemperatur angebracht werden, da viele Oxyde zerstört werden und somit ihre färbende Kraft verlieren.

Die Dekoration des Porzellans besteht aus:

1. Scharffeuer-Farben,
2. Schmelzfarben oder Porzellanfarben; dieses sind Farben auf der Glasur,
3. Unterglasurfarben wie beim Steingut, nur mit $33^1/_3$ Prozent Porzellanmasse versetzt,
4. Lüster.

Die Porzellanfarben werden in Muffeln aufgebrannt, wobei je nach der Art der Verzierung und der Schmelzbarkeit der Glasur mehrere Brände nöthig sind.

Die Verarbeitung des Weichporzellans geschieht in derselben Weise wie die des Hartporzellans, nur daß dem Schlamm in dem gewünschten Verhältnis noch Knochenasche und weißbrennende Thone zugesetzt werden.

Die Bestandteile der Knochenasche sind hauptsächlich phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia und Kieselsäure.

Die geformten und getrockneten Gegenstände werden zum Brennen in Kapseln eingesetzt und durch Massestäbe gestützt oder in Quarzmehl eingebettet, um ein Verbiegen zu vermeiden.

Das Brennen wird in Steingutöfen vorgenommen; die Brenntemperatur liegt etwas höher als beim Hartsteingut.

Die Glasuren für das Weichporzellan sind dieselben wie die für die Steingutfabrikation.

Das Knochenporzellan wird mit Unterglasurfarben, Schmelzfarben, Email- und Scharffeuerfarben, mit Gold- und Lüsterfarben dekoriert.

Die Abarten des Knochenporzellans: Parian, Carrara sind dem letzteren analog zusammengestellt und werden auf dieselbe Weise hergestellt.

Häufig setzt man diesen Massen noch Glasur, sogenannte Fritten hinzu, um eine noch stärkere Verglasung der Masse zu bewirken. Die Schwindung der Masse ist jedoch dann so groß, daß man nur kleine Objekte herstellen kann.

Weiches französisches Frittenporzellan wird hergestellt aus Sand, Kochsalz, Alaun, Soda, Gips und Salpeter. Die

Mischung dieser Substanzen wird gefrittet und mit Kreide oder Kalkmergel vermischt naß fein gemahlen.

Der nicht plastischen, mageren Masse setzt man Klebemittel hinzu und gießt aus dem Schlamme in Gipsformen dickwandige Gefäße, die nach dem Trocknen abgedreht werden.

Nach dem Brennen im Porzellanofen bei etwa Segerkegel 6–10 werden die Waren mit einer Fritte von Blei- oder Borsäure-Gläsern, die Klebemittel enthalten, übergossen und nochmals bei Kegel 1—3 in Chamottekapseln gebrannt.

Als Dekoration werden angewandt:

1. Unterglasurfarben,
2. Scharffeuerfarben,
3. Aufglasurfarben, Porzellan- und Schmelzfarben.

Als eine besondere Art des Porzellans soll hier das Seger-Porzellan erwähnt werden. Dasselbe wird hergestellt aus plastischen Thonen, die weiß oder gelblich brennen, mit Feldspath und Quarz. Die Zusammensetzung der Masse ist folgende:

45 Quarz,
30 Feldspath,
25 Thon-Substanz.

Die Verarbeitung und Verformung geschieht wie beim Hartporzellan und liegt die Garbrenntemperatur des Seger-Porzellans zwischen den Seger-Kegeln 8—10.

Dieses Porzellan ist sehr transparent, besitzt eine sehr geringe Schwindung, eine angenehm weiße oder elfenbeingelbe Färbung und dient hauptsächlich zur Herstellung von Schmuck- und Luxuswaren; für Gebrauchsgegenstände eignet es sich nicht. Die Dekoration des Seger-Porzellans kann eine sehr weitgehende sein und ist sehr reichhaltig, wie bei dem französischen Frittenporzellan.

E. Besprechung jeder einzelnen Gruppe.

a. Zusammensetzung des Scherbens.

Die Zusammensetzung der Thone, die zu Ziegelwaren verarbeitet werden, ist, wie früher besprochen, eine so mannig-

faltige, daß eine bestimmte Angabe für die Bestandteile des Scherbens nicht gemacht werden kann.

Der auf dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter zurückbleibende Rückstand schwankt bei den Ziegelmaterialien von 1—50 Prozent.

Der Kieselsäuregehalt der Scherben geht bis zu 80 Prozent. Der Gehalt an Thonerde schwankt zwischen 10—30 Prozent, an Eisenoxyd zwischen 2.5—25 Prozent. Der Gehalt an Alkalien geht bis zu 5 Prozent im Durchschnitt und der Gehalt an kohlensaurem Kalk bei rotbrennendem Thon liegt unter 15 Prozent.

Für die Ziegelfabrikation in der Praxis sehr geeignet gefundene Thone setzten sich zusammen aus:

		I	II	III	IV	V
Quarz	=	50.4	56.3	60.1	63.2	64
Feldspath	=	Spur	Spur	0.6	Spur	—
Thon-Substanz	=	40.6	43.7	39.3	36.8	36

Der Quarz war in gröberem und feinerem Zustande vorhanden; es ließen sich mit dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter durchschnittlich 15—40 Prozent Quarzsand und Thontrümmer aushalten.

Je nach den Fundorten werden jedoch alle nur denkbaren Thone zur Fabrikation von Mauersteinen und anderen Ziegelwaren benutzt.

Von einer Verarbeitung muß jedoch abgesehen werden, wenn die Materialien so viel Sand enthalten, daß sie sich selbst mittelst Handstrichs nicht mehr verarbeiten lassen und nach dem Brennen Ziegel von geringer Festigkeit und dumpfem Klang liefern.

Zu verbessern sind diese Thone durch Ausschlämmen des gröberen Sandes.

In größeren Ziegeleibetrieben wird man magere Thone wohl kaum verarbeiten, da die Verformung mittelst Ziegelpresse geschieht und magere Materialien sich dazu nicht eignen.

Man wird also mittelst Handbetriebes Thone noch verarbeiten können, die sich zur Verarbeitung mittelst Maschinen nicht mehr eignen.

Zur Herstellung von Verblendern werden reinfarbige Thone benutzt, die plastischer sind als die zu Mauersteinen verarbeiteten. Der Gehalt an Thonsubstanz überwiegt bei diesen Materialien den Gehalt an Quarz.

Auf dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter ließen sich bei Thonen, die von guten Verblendsteinfabriken herrührten und die im Laboratorium für Thonindustrie vom Verfasser untersucht wurden, 10—15 Prozent Sand ausschlämmen.

Aus den Thonen, die zur Herstellung von guten Verblendern benutzt werden, kann man auch brauchbare Dachsteine herstellen, doch verwendet man zur Herstellung letzterer auch höher schmelzende und selbst feuerfeste Thone. Diese Thone zeichnen sich durch einen höheren Gehalt an Thonsubstanz aus und sind weit plastischer als die zu Mauersteinen verarbeiteten.

Der Scherben der Drainröhren ist den Mauersteinen ähnlich zusammengesetzt, Terracotten werden aus den Verblender- und Dachsteinthonen hergestellt.

Den niedrigsten Brand erhalten Mauersteine und Drainröhren. Die Wasseraufnahmefähigkeit resp. Porosität ist bei diesen Waren demzufolge auch die größte. Dieselbe darf jedoch nicht soweit gehen, daß die Wetterbeständigkeit der betreffenden Waren fraglich wird.

Verblender und Dachsteine werden höher gebrannt. Die Porosität ist bei diesen Ziegelsorten geringer und wurde bei guten Verblendern die Wasseraufnahmefähigkeit zu 2—5 Prozent und bei wetterbeständigen Dachsteinen bis zu 15 Prozent gefunden. Doch werden auch Verblender und Dachsteine hergestellt, die bis zu 25 Prozent Wasser aufzunehmen imstande waren.

Bei letzteren konnte häufig ein Abblättern der gebrannten Scherben beobachtet werden. Dieselben sind also nicht wetterbeständig und liegt hier ein Fehler physikalischer Natur vor. In diesen Fällen muß der Scherben höher gebrannt werden

oder aber der zur Verwendung kommende Thon muß Zuschläge erhalten, die ein früheres Dichtbrennen herbeiführen. Diese Zuschläge sind entweder Flußmittel oder fettere, frühe dichtbrennende Thone.

Der Scherben der Klinkerwaren ist den Mauersteinen in seiner Zusammensetzung ähnlich, nur enthält derselbe mehr Flußmittel. Dieselben dürfen jedoch nicht so hoch bemessen sein, daß das Material im Feuer weich wird und sich verzieht.

Seger*) empfiehlt zur Herstellung von Klinkern, Platten, und Fliesen Materialien, die neben frühe erweichenden Substanzen (Feldspath und Augitreste) auch solche enthalten, die sich durch eine größere Feuerfestigkeit auszeichnen.

Die kaolinartigen Thonsubstanzen soll man vermeiden und stark plastische Thone verarbeiten, denen man viel Magerungsmittel hinzusetzen kann, ohne daß das Bindevermögen stark leidet, um die Schwindung möglichst herabzudrücken.

Die Magerungsmittel müssen in feinem Zustande hinzugesetzt werden, um die Porenräume auf ein Minimum herabzudrücken.

Thone, die gut klinkern, enthalten demnach den Sand zum größten Teil in sehr feiner Verteilung und wird man daher bei guten Klinkerthonen auf dem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter verhältnismäßig wenig Rückstand erhalten.

Die Zusammensetzung des Scherbens der feuerfesten Waren ist je nach dem Grad der Feuerbeständigkeit eine sehr verschiedene. Der Gehalt an Thonerde schwankt von 20—50 Prozent (und darüber bei Bauxit-Steinen), der an Kieselsäure von 50—80 Prozent. Um die feuerfesten Waren widerstandsfähig gegen Temperaturwechsel zu machen wird denselben gebrannter und zerkleinerter Thon (Chamotte) zugesetzt, und zwar je nach der Art der feuerfesten Waren in verschiedener Korngröße.

Weniger feuerfeste Steine enthalten auch Quarzsand. Ist derselbe jedoch in größeren Mengen vorhanden, so springen die Steine leicht, da sie keinen Temperaturwechsel vertragen.

*) Seger's Ges. Schriften S. 328.

Wird der Quarzsand in feinerer Form zugesetzt, so halten sich die Steine auch bei höherem Gehalt an Quarz besser.

Quarzsteine — Dinassteine vertragen die größte Hitze, sind aber empfindlich gegen Temperaturwechsel, weßhalb sie zweckmäßig nur bei kontinuierlichen Betrieben angewandt werden.

Graphittiegel enthalten bis zu 55 Prozent Graphit; letzterer bewirkt, daß die Tiegel raschen Temperaturwechsel vertragen.

Der Scherben der Leuchtgasretorten besteht aus:*)

4 Volumen kaolinartigem Thon,
2 „ fettem Thon,
8 „ Chamotte in erbsengroßen und
2 „ „ in stecknadelkopfgroßen Körnern.

Der grobkörnige Chamottezusatz hat den Zweck, die Masse gegen Temperaturwechsel unempfindlicher zu machen.

Die Töpferwaren enthalten 60—80 Teile Thon und 20—40 Teile feinen Staubsand. Bei einem Sandgehalt unter 20 Prozent neigen die Waren leicht zum Zerspringen, während sie bei einem Sandgehalt über 40 Prozent sich zwar im Feuer gut halten, aber weit zerbrechlicher sind, als die weniger sandhaltigen.

Massen mit einem Sandgehalt unter 20 Prozent können auch brauchbare Waren liefern, wenn man die Brenntemperatur unter Rotglut hält. Sandhaltigere Massen können zur Erreichung haltbarer Geschirre höher gebrannt werden.

Ofenkacheln bestehen aus 30—40 Prozent feinem Quarzsand, 25—30 Prozent kohlensaurem Kalk und 30—45 Prozent Thon-Substanz.

Bei höherem Sandgehalt springen die erwärmten Kacheln leicht, bei zu niedrigem Sandgehalt neigen die Waren stark zum Verziehen.

— Sinkt der Gehalt an Kreide erheblich, so bereitet das Glasieren Schwierigkeiten, während bei zu hohem Gehalt an kohlensaurem Kalk die Glasur sich von dem Scherben abhebt.

*) Seger's Ges. Schriften S. 754.

Der Scherben des gemeinen Steingutes, der Fayence, ist den Ofenkacheln ähnlich zusammengesetzt, nur ist der Gehalt an Kreide niedriger und beträgt selten über 10 Prozent.

Vollständig kalkfreie Scherben findet man seltener, doch werden in England kalkfreie Thone zu Fayencewaren verarbeitet. Infolgedessen sind auch die Glasurmassen der kalkhaltigen und der kalkfreien Masse verschieden.

Der Scherben des Steingutes hat ebenfalls eine wechselnde Zusammensetzung. Gewöhnlich besteht derselbe aus Quarz, Feldspath, Kreide und Thonsubstanz in wechselndem Verhältnis.

Es wurde in rohen Steingutmassen gefunden:

		I.	II.	III.	IV.
Quarz	=	40	39	25	35
Feldspath	=	—	1	—	5
Kreide	=	—	5	10	—
Thon-Substanz	=	60	55	65	60.

Steinbrecht*) giebt folgende Massenmischungen an:

I.	Hallenser Thon (hell)	=	18
	Colditzer Thon (gelblich)	=	2
	Meißner Thon (schwarz)	=	3
	Kreide	=	2.

Schwefelsaures Cobaltoxyd nach Bedarf. Letzteres dient dazu, dem Scherben seinen gelblichen Stich zu nehmen und ihm einen bläulichen zu geben, was den Scherben zarter erscheinen läßt.

II.	Hallenser Thon (fett)	=	20
	Colditzer Thon	=	3
	Meißner Thon	=	3
	Kreide	=	2
	Chamotte	=	1
	Cobalt nach Bedarf.		
III.	Hallenser Thon	=	25
	Meißner Thon	=	9
	Kreide	=	2
	Chamotte	=	2.

*) G. Steinbrecht, Steingut-Fabrik.

IV.	Kirschberger Porzellanerde	=	9
	Doelauer Porzellanerde	=	5
	Meißner Thon	=	4
	Kreide	=	2
	Chamotte	=	1.

Je nach den zur Verarbeitung kommenden Thonen wird die Zusammensetzung des Steingutscherbens eine mehr oder minder abweichende sein.

Bezüglich des Quarzgehaltes wurde im Laboratorium für Thonindustrie vom Verfasser festgestellt, daß bei einem Quarzgehalt von über 40 Prozent die gebrannten Waren zum Teil beschädigt aus dem Ofen gefördert wurden. Besonders wurde ein Abspringen der oberen Ränder der Gefäße beobachtet.

Durch Herabsetzen des Quarzgehaltes oder durch Abändern der Brenntemperatur wurde dieser Fehler vermieden und bessere Resultate erzielt.

Ordinäres Steinzeug setzt sich aus fetten Steinzeugthonen mit Quarzsand, Steinzeugbruchscherben, feldspathhaltigem Sande und Schlämmrückständen aus Kaolin- und Thonschlämmereien zusammen.

Gute Steinzeugthone bestehen aus:*)

Quarz	=	41.77
Feldspath	=	3.5
Thon-Substanz	=	54.73.

Zur Erzeugung von guten Waren werden den Thonen bis $33^1/_3$ Prozent Chamottepulver zugesetzt.

Bei dieser Magerung wurden am wenigsten gesprungene Gefäße erhalten oder solche, die sich im Feuer stark geworfen hatten. Direkte Flußmittel setzt man dem ordinären Steinzeug selten hinzu, sondern sucht eine Verklinkerung durch höheren Brand zu erreichen.

Dem leichter schmelzenden, feinen Steinzeug werden feldspathhaltige Substanzen (Cornishstone) zur Verflüssigung hinzugesetzt.

*) Seger'sche Schriften S. 348.

Die Massen setzen sich wie folgt zusammen:*)

Cornishstone (feldspathhaltige Substanzen):

1. 80, 2. 40, 3. 100, 4. 30, 5. 200, 6. 90, 7. 50, 8. 50.

Kaolin:

Zu 1. 20, 2. 10, 3. 28, 4. 10, 5. —, 6. 30, 7. 20, 8. 40.

Blauer Thon:

Zu 1. 40, 2. 20, 3. 18, 4. 18, 5. 80, 6. 80, 7. 25, 8. 20.

Feuersteine:

Zu 1. 20, 2. —, 3. 40, 4. 2, 5. —, 6. —, 7. —, 8. —.

Glasscherben:

Zu 1. —, 2. —, 3. —, 4. —, 5. —, 6. —, 7. 1, 8. —.

Den wenigsten Schwankungen unterworfen ist in seiner Zusammensetzung das Porzellan.

In der Regel besteht Hartporzellan aus:

20—25 Teilen Quarz,
30—25 Teilen Feldspath,
50 Teilen geschlämmtem Kaolin.

Tenax**) giebt für die Zusammensetzung der gebrannten Porzellanmassen folgende Zahlen an:

	Kiesel-säure	Thon-erde	Kali	Natron	Kalk	Mag-nesia	Eisen-oxyd
Berliner Porzellan	= 64.3	29.0	3.6	—	0.3	0.5	0.6
Meißen I	= 58.5	35.1	5.0	—	0.3	0.6	0.8
„ II	= 60.0	35.5	2.3	1.6	0.6	—	—
Wiener Porzellan	= 59,6	34.2	2	—	1.7	1.4	0.8
Sèvres Servicemasse	= 58.0	34.5	3	—	4.5	—	—
Sèvres Skulpturmasse	= 67.1	26.0	3.1	—	3	—	—
Paris	= 71.2	22.0	4.5	—	0.8	—	0.8
Limoges	= 70.2	24.0	4.3	—	0.7	0.1	0.7
China I. Qual. Hohlware	= 69.0	23.6	3.3	2.9	0.3	—	1.2
China — Teller:	63.5	28.5	5.0	—	—	—	0.1
Böhmisch:	71.5	23.4	3.1	1	0.1	0.1	—
Thüring.:	72 8	24.5	0.1	1.6	—	—	—
Nymphenburg:	72.8	18.4	0.6	1.8	3.3	0.3	2.5

*) Kerl, S. 621.

**) Tenax, Steingut- und Porzellan-Fabrik S. 189.

Um die Hauptbedingung für gutes Porzellan, die Transparenz, zu erfüllen, ist es notwendig, das Verhältnis von Thonerde und Kali so zu wählen, daß bei der üblichen Brenntemperatur (Kegel 14—20) die vollkommenste Durchscheinbarkeit erreicht wird.

Es richtet sich also die Menge des zuzusetzenden Feldspathes nach dem Thonerdegehalt des verarbeiteten Thones, und wird man zweckmäßig bei der Herstellung einer Porzellanmasse zunächst Probebrände vornehmen, um die nach den Ergebnissen der Analysen zusammengesetzte Porzellanmasse auf ihre Verarbeitbarkeit und Transparenz zu prüfen.

Der Scherben des natürlichen oder weichen, englischen Knochenporzellans setzt sich zusammen aus:*)

Kieselsäure:	39.88	40.6	39.96
Thonerde:	21.48	24.15	24.65
Kalkerde:	10.06	14.22	14.18
Magnesia:	—	0.43	0.31
Phosphors. Kalk: / Eisenoxydul:	26.44	15.32	15.39
Alkalien und Verluste:	2.16	5.28	5.79.

Die Zusammensetzung der zur Verarbeitung kommenden Masse ist folgende:

1.	Thoniger Kaolin	= 11	2.	Thoniger Kaolin	= 41
	Plastischer Thon	= 19		Feuerstein	= 16
	Feuerstein	= 21		Knochenerde	= 43.
	Knochenerde	= 49.			
3.	Thoniger Kaolin	= 31	4.	Kaolin	= 18
	Cornishstone	= 26		Cornishstone	= 50
	Feuerstein	= 2.5		Knochenerde	= 29
	Knochenerde	= 40.5.		Scherben	= 1.5
				Drehspäne	= 1.5.

Diese Massen werden gemischt und in der früher beschriebenen Weise verarbeitet.

Die Massen für Skulpturgegenstände und Reliefverzierungen bestehen aus:

*) Kerl S. 682.

Quarzsand	=	33
Knochenerde	=	65
Pottasche	=	2.

Diese Mengenverhältnisse werden gefrittet und nach dem Mahlen 21 bis 22 Teile Kaolin hinzugesetzt.

Der Scherben der Parianmasse bestand im gebrannten Zustande aus:

Kieselsäure:	63.74
Thonerde:	29.71
Eisenoxyd:	—
Kalkerde:	1.41
Bittererde:	0.41
Kali:	—
Natron:	4.39.

Die Parianmasse zu Sèvres wurde zusammengesetzt aus:

100 Teilen Feldspath von Bayonne,
40 „ geschlämmter Porzellanerde,
10 „ Thon von Dreux.

Das künstliche, weiche französische Frittenporzellan zu Sèvres setzte sich zusammen aus:

20 Teilen geschmolzenem Salpeter,
7.2 „ Kochsalz,
3.6 „ Alaun,
3.6 „ Soda,
3.6 „ Gips,
60.0 „ Sand.

Ermittelung der Fehlerquelle bei unrichtig zusammengesetzten Scherben und Massen.

Sehr häufig tritt an den Chemiker und Fachmann das Ersuchen, festzustellen, worauf eine allmähliche Zerstörung der sich im Gebrauch befindlichen Mauersteine, Verblender, Dachziegel und Terracotten zurückzuführen sei.

Die Zerstörung äußert sich gewöhnlich durch ein Abblättern der Materialien, sobald sie einige Zeit der Witterung ausgesetzt gewesen waren.

Um den Ursachen dieser Erscheinungen auf die Spur zu kommen, wurden von den betreffenden Fabrikanten vom Verfasser mit den zerstörten Steinen auch Rohthon eingefordert, wie derselbe zur Verarbeitung kommt.

Aus diesem Rohthon wurden Probesteinchen gefertigt, die bei den verschiedensten Temperaturen, von Seger-Kegel 015 aufwärts, gebrannt wurden.

Alsdann wurde die Wasseraufnahmefähigkeit der bei den einzelnen Temperaturen gebrannten Steinchen und die des eingesandten gebrannten Scherbens bestimmt. Nach der Wasseraufnahmefähigkeit wurde die Brenntemperatur nach Seger-Kegeln bei dem zerstörten Material ermittelt.

Die gebrannten Scherben wurden nun 24 mal einem Gefrierprozeß und Wiederauftauen im Wasser ausgesetzt.

Hierbei wurde gewöhnlich beobachtet, daß die niedrig gebrannten Scherben schon nach wenigen Gefrierversuchen deutlich erkennbare Abblätterungen zeigten, während die höher gebrannten sich gehalten hatten.

Bei einem Ziegelmaterial war die Wasseraufnahmefähigkeit dem bei Seger-Kegel 015 gebrannten Scherben annähernd gleich gefunden; es hatte daher der zur Untersuchung eingesande Scherben eine höhere Temperatur nicht erhalten.

Bei Seger-Kegel 05 war das Material dicht gebrannt und schmolz mit Seger-Kegel 1. Demnach lag die Brenntemperatur für den Thon, um wetterbeständige Waren zu liefern, zu niedrig und mußte dem betreffenden Fabrikanten ein höheres Brennen angeraten werden. In vorliegendem Falle lag die Brenntemperatur zwischen Seger-Kegeln 010 bis 05 für wetterbeständige Steine.

Nicht immer jedoch zeigen nur die niedrig gebrannten Waren diese Erscheinung, sondern dieselbe ist selbst bei hochgebrannten Bau-Terracotten nach einiger Zeit zu beobachten. Daraus kann man folgern, daß es nicht darauf ankommt, den Scherben allein höher zu brennen, sondern man muß darauf achten, dem betreffenden Scherben einen solchen Brand zu geben, daß die entstehenden Porenräume derart sind, daß die beim Gefrieren austretenden kleinen Eiskryställchen Raum

haben, auszutreten, ohne den Scherben in Mitleidenschaft zu ziehen.

Dieses erreicht man dadurch*), daß man dem zur Verarbeitung kommenden Material gröberen Sand als Magerungsmittel zusetzt, welcher dafür sorgt, daß die entstehenden Poren nicht zu klein sind.

Die sich bildenden Eiskryställchen können nun austreten, ohne daß durch den bei kleinen Poren entstehenden Druck die Oberfläche der Steine zerstört wird.

Es halten sich demnach Steine, die grobkörnigen Sand enthalten, trotz der größeren Wasseraufnahmefähigkeit, besser als die mit feinen Porenräumen.

In einer gebrannten Steingutmasse, die die Eigentümlichkeit zeigte, besonders an den Rändern rissig zu werden, so daß sich oft die oberen Teile der Gefäße kranzförmig abhoben, wurde der Kieselsäuregehalt zu 76.5 Prozent, der Thonerdegehalt zu 22.05 Prozent gefunden. Kalkerde enthielt die Masse 1.1 Prozent und Alkalien 0.2 Prozent.

Wird hieraus die Zusammensetzung der rohen Masse berechnet, so ergiebt sich:

Quarz	=	46.4,
Feldspath	=	1,
Kreide	=	1,
Thonsubstanz	=	51.6.

Der Quarzgehalt ist sehr hoch, so daß der Fehler hierin zu suchen war. Diese Annahme wurde bestätigt, denn eine Masse aus:

34 Teilen Quarz,
1 Teile Feldspath,
5 Teilen Kreide,
60 „ Thonsubstanz,

ergab bei demselben Brande gute und brauchbare Waren. Bei diesen konnte ein Abspringen der Ränder nicht mehr beobachtet werden.

*) Seger's Ges. Schriften S. 329.

Steingutmassen mit zu hohem Quarzgehalt bereiten überdies bei der Verarbeitung Schwierigkeiten, da sie nicht plastisch genug sind.

Außerdem sind sie nach dem Vorstehenden sehr empfindlich gegen Temperaturwechsel und zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen gänzlich ungeeignet.

Eine solche zu magere Steingutmasse, die aus verschiedenen Thonen hergestellt war, ließ sich schwer verformen; außerdem zeigten die aus der Masse hergestellten Tassen die Eigenschaft, beim Eingießen heißer Flüssigkeiten in dieselben, zu zerspringen. Erst nachdem die Zusammensetzung der Thone durch die rationelle Analyse festgestellt und die Mischung so eingerichtet war, daß der Gehalt an Quarz in der Masse unter 40 Prozent betrug, konnten Gefäße hergestellt werden, die Temperaturwechsel gut vertrugen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Fabrikanten bei Einführung neuer Massen rascher zum Ziel kommen, wenn sie die geringe Ausgabe nicht scheuen, und ihre neuen zur Verarbeitung kommenden Thone untersuchen lassen. Es genügt in einem solchen Falle die Feststellung des Gehaltes an Quarz, Feldspath und Thonsubstanz, wozu sich gegebenen Falles noch eine Bestimmung des kohlensauren Kalkes gesellen sollte.

Selbstverständlich muß der rationellen Analyse eine physikalische Prüfung der Thone voran gehen. Diese muß zunächst feststellen, ob der betreffende Thon nach seiner Plasticität, Brennfarbe, Schwindung und Feuerfestigkeit sich zur Herstellung von Steingut eignet. Ist dieses der Fall, so ist nun die rationelle Analyse auszuführen.

Nach den Ergebnissen der rationellen Analyse ist, wie gesagt, der Fabrikant imstande, sich eine brauchbare Steingutmasse zusammenzusetzen, oder sich zusammenstellen zu lassen. In der Praxis ist dieser Umstand leider noch nicht genügend gewürdigt worden, denn es ziehen viele Fabrikanten vor, sich nur an der Hand von praktischen Versuchen zu belehren, obgleich es das richtigste wäre, beides miteinander zu verbinden.

Ein Hauptfehler in der Zusammensetzung der Massen für Steinzeugwaren ist gewöhnlich darin zu suchen, daß dem

Thone nicht genügend Magerungsmittel zugesetzt würden. Der erhaltene Scherben ist zu spröde und hält Temperaturwechsel nicht aus.

Sand als Magerungsmittel ist dabei weniger zu empfehlen, sondern man giebt der möglichst hochgebrannten Chamotte den Vorzug.

Bei einer Verarbeitung von Pfälzer Thonen hat man gute Resultate erzielt, wenn man dem Thone auf 3 Teile ungebrannter Masse 1 Teil Chamottenmehl hinzusetzte.

Dieser Chamottezusatz hatte auf die Dichtbrenntemperatur fast gar keinen Einfluß, denn es ließ sich auch das mit Chamotte gemagerte Material bei derselben Temperatur salzen und dicht brennen. Man hatte also die Sprödigkeit des Materials durch Chamottezusatz beseitigt.

Bei der Herstellung von Porzellanmassen konnte manchmal beobachtet werden, daß die vom Porzellan verlangte Durchscheinbarkeit nicht erreicht wurde.

Die Ursache dieser Fehlerquelle lag fast immer daran, daß von den betreffenden Fabrikanten aus:

25 Teilen Quarzsand
25 „ Feldspath
50 „ Kaolin

ein Porzellan zusammengestellt worden war, ohne daß die verwandten Rohmaterialien näher untersucht waren.

Bei der Untersuchung dieser Rohmaterialien stellte sich dann heraus, daß entweder der zur Verwendung gekommene Quarzsand noch thonig, oder der Kaolin nicht fein genug abgeschlämmt war und noch Quarzsand enthielt.

Nach den Ergebnissen der Untersuchung wurde dann die Masse so zusammengestellt, daß thatsächlich obige Mengenverhältnisse an Quarz, Feldspath und Thonsubstanz in der Masse vorhanden waren; es zeigte dieselbe nun nach dem Brennen im Porzellanfeuer die vom Hartporzellan verlangte Durchscheinbarkeit.

Es ist also auch bei der Porzellanfabrikation eine genaue Untersuchung der Rohmaterialien notwendig, wenn man ein brauchbares Fabrikat erhalten will.

b. Zusammensetzung der Engoben oder Begüsse.

Man versteht unter Engobe oder Beguß einen weißen oder gefärbten Überzug, der dazu dient, die Waren gleichmäßig und in der Farbe schöner zu machen oder eine besondere Glasur besser hervortreten zu lassen; so werden z. B. rotbrennende Materialien, die weiß, blau oder grün glasiert werden sollen, vorher gerne mit einer weißen Begußmasse überzogen.

Die Engobe besteht stets aus einem sehr feinen Thonschlamm, der mit den nötigen Magerungs- und Flußmitteln, sowie mit den färbenden Oxyden versetzt ist.

Die Engoben*) können entweder auf den rohen, lederharten oder auf den verglühten Scherben aufgetragen werden. Je nachdem sie auf die eine oder andere Art auf den Scherben gebracht werden, muß die Zusammensetzung der Engobe eine verschiedene sein, doch sucht man möglichst denselben Thon der zu überziehenden Masse mit zu verarbeiten.

Die Engobe muß dieselbe Schwindung zeigen wie der Scherben, falls sie rissefrei halten soll.

Im allgemeinen ist es am zweckmäßigsten, den lederharten Scherben zu engobieren und Scherben und Engobe in einem Brande fertig zu stellen.

An dem trocknen resp. gebrannten Scherben haftet der Beguß nach dem Brennen schwerer und werden in diesem Falle der Engobe Flußmittel hinzugesetzt, die gewissermaßen wie Klebemittel wirken und ein Zusammenbacken zwischen Scherben und Engobe erleichtern.

Als Flußmittel werden hierzu besonders Glaspulver, Mennige und Feldspath in Anwendung genommen.

Um einen weißen Überzug herzustellen, werden weißbrennende Thone mit den nötigen Magerungs- und Flußmitteln versetzt und auf den Scherben aufgegossen. Will man gefärbte Begüsse herstellen, so setzt man zur weißen Engobe, um blau herzustellen Cobaltoxyd, um grün zu erhalten Chromoxyd neben Cobaltoxyd, um gelb herzustellen Eisenoxyd oder

*) Seger's Ges. Schriften S. 490.

Antimonoxyd mit Bleioxyd hinzu, doch darf im letzteren Falle die Brenntemperatur nicht erheblich über Seger-Kegel 05 liegen.

Rote Engoben kann man herstellen, indem man der weißen Begußmasse 10—15 Prozent Eisenoxyd hinzusetzt oder man benutzt rotbrennende Thone, die in ihrer Schwindung dem zu engobierenden Scherben angepaßt werden.

Braune Farben erzielt man durch Zusatz von 2—10 Prozent Braunstein zur roten Engobe.

Schwarze Engoben werden aus gelb- oder rotbrennenden Thonen nach Zusatz von 10 Prozent Eisenoxyd und 10 Prozent Braunstein erhalten.

Eine hellgraue Engobe erhält man aus weiß- und gelbbrennenden Thonen durch Zusatz von 1 Prozent Chromoxyd und 0.02 Prozent Cobaltoxyd.

Obgleich man zur Herstellung der betreffenden Engoben keine überall brauchbaren Rezepte für dieselben angeben kann, so sollen doch im nachstehenden einige Zusammensetzungen von Begüssen angegeben werden, die immer einige Anhaltspunkte geben dürften. Eine genau passende Engobe müßte jedoch stets durch Versuche ermittelt werden; sie wird am besten von einem Chemiker und Fachmann festgestellt.

1. Weiße Engobe:
   100 gr fetten, weißbrennenden Thon,
   10 gr Feldspath,
   40 gr Glaspulver.
2. Blaue Engobe:
   100 gr fetten, weißen Thon,
   10 gr Feldspath,
   25 gr Glaspulver,
   5 gr Cobaltoxyd.
3. Blaugrüne Engobe:
   100 gr fetten, gelbbrennenden Thon,
   10 gr Feldspath,
   25 gr Glaspulver,
   4 gr Cobaltoxyd.

4. Schwarze Engobe:
   100 gr gelbbrennenden, fetten Thon,
   10 gr Feldspath,
   25 gr Glaspulver,
   10 gr Eisenoxyd (caput mortuum),
   10 gr Braunstein.

5. Hellgrüne Engobe:
   100 gr weißbrennenden, fetten Thon,
   10 gr Feldspath,
   35 gr Glaspulver,
   20 gr Chromoxyd.

6. Hellrote Engobe:
   100 gr fetten, rotbrennenden Thon,
   10 gr Feldspath,
   30 gr Glaspulver.

7. Gelbe Engobe:
   a) 100 gr fetten, gelbbrennenden Thon,
      40 gr Quarzsand,
      30 gr Glasscherben oder
   b) 100 gr weißbrennenden, fetten Thon,
      40 gr Quarzsand,
      30 gr Glaspulver,
      10 gr Eisenoxyd (caput mortuum).

8. Dunkelbraune Engobe:
   100 gr roten, fetten Thon,
   10 gr Feldspath,
   30 gr Glaspulver,
   4 gr Braunstein.

9. Hellbraune Engobe:
   50 gr gelbbrennenden Thon,
   50 gr rotbrennenden Thon,
   5 gr Feldspath,
   20 gr Sand,
   10 gr Glaspulver,
   2 gr Braunstein.

10. Dunkelrote Engobe:
    100 gr rotbrennenden Thon,
    10 gr Feldspath,
    30 gr Glaspulver,
    2 gr Eisenoxyd (caput mortuum).

Die eben angeführten Engoben können schon bei niederer Temperatur Seger-Kegel 010 aufgebrannt werden.

Für höhere Temperaturen können folgende Begüsse zur Anwendung kommen:

1. Für weiß:
    100 gr weißbrennendes Thonmehl,
    35 gr weißes Ziegelmehl,
    35 gr Quarzsand,
    90 gr Feldspath.
2) Für hellgrau:
    300 gr weißbrennender Thon (ungebrannt),
    320 gr weißbrennender Thon (gebrannt),
    400 gr gelbbrennenden Thon (ungebrannt),
    750 gr Feldspath,
    15 gr Chromoxyd,
    1 gr Cobaltoxyd.
3. Für gelb:
    900 gr rotbrennenden Thon,
    1500 gr gelbbrennenden Thon,
    312 gr Quarzsand,
    4 gr kohlensauren Baryt.
4. Für tiefrot:
    300 gr Helmstedter Thon,
    100 gr gebrannten, rotbrennenden Thon,
    50 gr ungebrannten, rotbrennenden Thon
    25 gr Quarzsand.
5. Für hellgrau:
    800 gr rohen weißbrennenden Thon,
    750 gr gebrannten, weißbrennenden Thon
    800 gr rohen, gelbbrennenden Thon,
    1600 gr Feldspath,
    15 gr Chromoxyd,

8 gr Braunstein,
1 gr Cobaltoxyd,
70 gr Sand.

6. Für blau:
1780 gr rohen, weißbrennenden Thon,
880 gr gebrannten, weißbrennenden Thon,
1200 gr Quarz,
1250 gr Feldspath,
65 gr Cobaltoxyd.

7. Für theegrün:
500 gr gelbbrennenden Thon,
1700 gr weißbrennenden Thon,
400 gr gebrannten Thon,
710 gr Sand,
1800 gr Feldspath,
120 gr Chromoxyd,
9 gr Cobaltoxyd,
900 gr kohlensauren Kalk.

Die zur Engobe benutzten Materialien werden fein gemahlen und dann mit so viel Wasser versetzt, daß sie einen zähflüssigen Brei bilden.

Die Begußmasse wird entweder durch Aufgießen auf den Scherben gebracht oder aber der Scherben wird in die zu dicker Rahmkonsistenz aufgeschlämmte Engobe getaucht.

Die Engobe-Masse muß gleichmäßig fein vermahlen sein und darf nicht zu dick aufgetragen werden, weil sich sonst die Masse von dem Scherben wieder abhebt.

Mauersteine werden gewöhnlich im lederharten Zustande engobiert. Man stellt besonders aus minderwertigen Materialien durch Engobieren Verblender in allen Farben her, die in einem Brande fertig gestellt werden. Dachsteine, die aus hellbrennenden Thonen hergestellt werden, versieht man ebenfalls gerne mit einer roten Engobe, falls die Waren nicht glasiert werden.

Das Töpfergeschirr erhält auch im lederharten Zustande einen Beguß. Dieser besteht gewöhnlich aus einem feinen eisenhaltigen Thonschlamm, um die Ware braun zu färben.

Auch werden verschiedenfarbige Begüsse angebracht, über welche nachher die Glasur gelegt wird. Nur in ganz vereinzelten Fällen wird die Töpferware vor dem Begießen verschrüht, so z. B. bei dem Kröninger Geschirr, bei Bratpfannen und blauem Geschirr.

Fayence-Waren mit rotbrennendem Scherben erhalten häufig einen weißen Beguß, wodurch die weiße Zinnglasur, die später aufgetragen wird, ein besseres Ansehen erhält.

Hierbei wird gewöhnlich der grüne Scherben engobiert, und zwar mit einer Masse, die aus Quarz, Kaolin und Marmor in wechselndem Verhältnis hergestellt wird. Masse und Engobe wird nun zunächst gebrannt und dann glasiert.

Nach Seger und Aron*) setzten sich solche Begußmassen wie folgt zusammen:

	a.		b.		c.	
Quarz:	38.89	Prozent	34.34	Prozent	29.27	Prozent
Feldspath:	17.79	„	13.72	„	15.98	„
Kreide:	14.07	„	7.09	„	6.54	„
Thon-Substanz:	29.25	„	44.85	„	48.21	„

Die am häufigsten beobachteten Fehler der Engobe sind:

1. das Rissigwerden,
2. das Aufrollen und Abheben der Engobe.

Im ersteren Falle muß man zur Vermeidung dieses Übelstandes der Begußmasse noch mehr Magerungsmittel zusetzen, während im zweiten Falle der Sandgehalt zu hoch bemessen ist.

Man muß also in diesem Falle dafür Sorge tragen, daß die Begußmasse mehr schwindet, also den Gehalt an Magerungsmittel herabsetzen.

c. Zusammensetzung der Glasuren.

Zur Verzierung und zum Schmuck der Ziegelfabrikate überzieht man diese mit farblosen oder gefärbten Glasuren.

Die bei niederen Temperaturen aufgebrannten Glasuren entsprechen etwa den chemischen Formeln = Pb O, 0.1 $Al_2 O_3$, 2 $Si O_2$ bis Pb O, 0.3 $Al_2 O_3$, 3 $Si O_2$. Es sind also gewöhnlich Bleiglasuren.

*) Thonindustrie-Ztg. 1877, No. 42, 45.

Das Bleioxyd kann nun ganz oder teilweise durch andere Oxyde wie Kalkerde: Ca O, Kaliumoxyd: $K_2 O$, Natriumoxyd: $Na_2 O$, und die Kieselsäure wie bei Gläsern durch Borsäure: $Bo_2 O_3$ ersetzt werden.

Bei den am meisten gebrauchten Glasuren für Ziegelfabrikate findet man in der Regel Glasuren, die weniger oder mehr von der Formel: Pb O, $0.2\,Al_2 O_3$, $2.5\,Si O_2$ abweichen.

Eine solche Glasur würde sich zusammensetzen aus:

222 gr Mennige,
52 gr quarzfreiem, geschlämmtem Kaolin,
126 gr gemahlenem Sand oder Feuerstein.

Bei dunkelgefärbten Glasuren, also bei braunen, schwarzen und roten Nuancen, verwendet man statt des Kaolins gewöhnlich geglühten und gemahlenen Thon, das Ziegelmehl des zu glasierenden Scherbens, zur Glasur, auch ersetzt man für diese Färbungen die Mennige gerne durch das billigere Bleierz (Schwefelblei).

Wird das Bleioxyd ganz oder teilweise durch andere Oxyde ersetzt, so führt man die Kalkerde als Marmor, das Kalium als Feldspath und Natrium und Borsäure als Borax ein.

Zum Färben der Glasurmassen benutzt man Eisenoxyd (caput mortuum), Braunstein, Chrom-, Kupfer-, Kobalt-, Antimonoxyd.

In Prozenten angegeben genügen folgende Mengen: Für gelb: 1—3 Prozent Eisenoxyd (caput mortuum) oder 10 Prozent Antimonoxyd; doch darf im letzteren Falle die Brenntemperatur nicht erheblich über Seger-Kegel 010 hinausgehen.

Für grün: je nach der gewünschten Tönung bis 3 Prozent Chromoxyd oder Kupferoxyd, doch wird letzteres bei zu niedriger Temperatur nicht gerne angewandt, da die Kupferglasuren nicht wetterbeständig genug sind.

Für blau: bis 1 Prozent Kobaltoxyd.

Für rot: 3 bis 5 Prozent Eisenoxyd (caput mortuum). Dabei wird die Färbung der Glasur schöner, wenn man derselben 1 bis 2 Prozent Zinkoxyd hinzusetzt.

Für braun: 6 bis 10 Prozent Eisenoxyd (caput mortuum) und 2 bis 3 Prozent Braunstein, je nach der gewünschten Tönung.

Für schwarz: 10 bis 15 Prozent Eisenoxyd (caput mortuum) und 5 bis 15 Prozent Braunstein.

Schieferfarbene Glasuren erhält man, wenn man der Glasurmasse bis 30 Prozent in rauchendem Feuer stark gebranntes Eisenoxyd (caput mortuum) hinzusetzt.

Für gefärbte Glasuren der Ziegelwaren lassen sich etwa folgende Typen aufstellen, die als Ausgangspunkte zur Herstellung brauchbarer Glasuren dienen können.

1. Für gelb:

a) $PbO\left(\frac{0.2\ Al_2O_3}{0.04\ Fe_2O_3}\right) 2.5\,SiO_2$, d. h. in Prozenten:

54 Mennige,
13 Kaolin,
31 Sand,
2 Eisenoxyd (caput mortuum).

b) $PbO\left(\frac{0.1\ Al_2O_3}{0.1\ Sb_2O_3}\right) 1\,SiO_2$, d. h. in Prozenten:

66 Mennige,
8 Kaolin,
9 Antimonoxyd,
17 Sand.

Diese letztere Glasur neigte zu Haarrissen, weshalb derselben zur Vermeidung dieses Übelstandes bis 2 Prozent Zinnoxyd hinzugegeben wurden.

c) Durch Zusatz von rohem oder gebranntem, eisenhaltigem Lehme kann man ebenfalls gelb gefärbte Glasuren herstellen.

2. Für grün:

$PbO\left(\frac{0.2\ Al_2O_3}{0.04\ Cr_2O_3}\right) 2.5\,SiO_2$, oder in Prozenten:

55 Mennige,
13 Kaolin,
30 Sand,
2 Chromoxyd.

3. Für blau:

$PbO\left(\frac{0.2\ Al_2O_3}{0.02\ Co_2O_3}\right) 2.5\,SiO_3$, d. h.

55 Mennige,
14 Kaolin,
30 Sand,
1 Cobaltoxyd.

4. Für rot:

$$Pb\,O\left(\frac{0.2\ Al_2\ O_3}{0.1\ Fe_2\ O_3}\right) 2.5\ Si\,O_2,$$ oder in Prozenten:

50 Mennige,
12 Kaolin,
4 Eisenoxyd,
34 Sand.

Auch hierbei kann ein eisenhaltiger Lehm zum Färben verwandt werden.

Für braun:

$$\begin{matrix}0.9\ Pb\,O\\0.1\ Mn\,O\end{matrix}\left(\frac{0.2\ Al_2\ O_3}{0.15\ Fe_2\ O_3}\right) 2.5\ Si\,O_2,$$ oder in Prozenten:

46 Mennige,
12 Kaolin,
34 Sand,
6 Eisenoxyd (caput mortuum),
2 Braunstein.

Der Kaolin kann hier ganz oder teilweise durch rotbrennenden Thon ersetzt werden.

6. Für schwarz:

$$\begin{matrix}0.8\ Pb\,O\\0.2\ Mn\,O\end{matrix}\left(\frac{0.2\ Al_2\ O_3}{0.2\ Fe_2\ O_3}\right) 1\ Si\,O_2,$$ oder

52 Mennige,
13 Kaolin,
20 Sand,
10 Eisenoxyd (caput mortuum),
5 Braunstein.

Auch hier kann der Kaolin durch rotbrennenden Thon ersetzt werden.

Matte schieferfarbene Glasuren werden erhalten aus:

a) 40 Mennige,
40 geglühtem Ziegelthon,
20 Braunstein.

b) 50 Mennige,
50 Umbra (geglüht) oder Ocker.
c) 40 Mennige,
30 geglühtem Ziegelthon,
30 caput mortuum, das im reduzierenden Feuer stark gebrannt worden ist.

Um Ziegelwaren weiß zu glasieren, benutzt man entweder eine Schmelzglasur (diese soll später bei den Ofenkacheln erwähnt werden), der man 10—15 Prozent Kaolin hinzusetzt oder aber man überzieht den dunkelbrennenden Scherben zunächst mit einer weißen Begußmasse und legt über diese eine farblose Glasur. Will man schöne grüne und blaue Farbtöne erzielen, so ist es angezeigt, den rotbrennenden Scherben vorerst weiß zu engobieren und dann mit der betreffenden Glasur zu versehen.

Die Herstellung dieser Glasuren geschieht auf folgende Weise:

Die abgewogenen Mengen der zur Glasur gehörenden Massen werden auf der Glasurmühle möglichst fein vermahlen und in Rahmkonsistenz mit Wasser angemacht auf den Scherben gebracht.

Das Glasieren kann geschehen:

1. auf dem grünen, lederharten Scherben,
2. auf dem trocknen Scherben,
3. auf dem gebrannten Scherben.

Wird der rohe Scherben glasiert, so ist die Glasur etwas dickflüssiger zu wählen.

Die aufgeschlämmte Glasurmasse kann entweder durch Aufgießen oder durch Eintauchen auf den Scherben gebracht werden.

Beim Glasieren des trocknen Scherbens kommt es häufiger vor, daß Glasuren sich beim Trocknen aufrollen. Zur Vermeidung dieses Übelstandes sind Klebemittel empfohlen worden, doch leidet durch dieselben häufig die Färbung der Glasur. Es ist daher zweckmäßig, sich eine andere Art des Glasierens zu wählen, also etwa den grünen, lederharten Scherben mit der Glasurmasse zu versehen, wenn man es nicht vorzieht, die zu glasierenden Erzeugnisse zunächst schwach zu verglühen und dann zu glasieren.

Die gebrannten Waren lassen sich gewöhnlich besser mit Glasur versehen, auch haftet die Glasur besser an dem Scherben und fällt nach dem Brennen entschieden schöner aus.

Bestimmte Vorschriften zum Glasieren lassen sich für alle Thone gleichmäßig nicht geben, sondern jeder Fabrikant muß sich die geeignetste Methode für seinen Thon heraussuchen oder sich dieselbe heraussuchen lassen.

Die im vorstehenden angegebenen Glasuren sind nun nicht für jeden Thon zu verwerten, sondern es muß natürlich die passende Glasur durch Probebrände ermittelt werden, wobei — um gute brauchbare Glasuren zu erzielen — der Thongehalt oft erhöht, oft aber auch herabgesetzt werden muß, um die Schwindung der Glasur mit der des Scherbens in Einklang zu bringen.

Die oben angegebenen Glasurmischungen werden bei niederer Temperatur (Seger-Kegel 010) blank. Um brauchbare Resultate beim Aufbrennen der Glasuren zu erzielen, muß man beim Brennen derselben einige wichtige Punkte nicht außer acht lassen.

Dazu gehört vor allem die Vermeidung des rauchenden Feuers, der Flugasche und eines lange anhaltenden Brandes. Am besten werden die Glasuren, wenn sie in Muffeln gebrannt werden.

Durch das reduzierende, rauchende Feuer werden die Glasuren zerstört. Die Bleiverbindungen werden zersetzt und das Blei frei gemacht, das sich verflüchtigt. Die Glasur wird also schwerflüssiger und gewöhnlich durch den Rauch schwarz, so daß von ihrer Färbung nichts mehr zu erkennen ist.

Werden die Glasuren im Ringofen aufgebrannt, so schützt man die glasierten Waren dadurch, daß man dieselben in nicht glasierte Steine einbaut, so daß Flugasche und die direkte Flamme die Glasur nicht treffen können.

Vorher eingeschmolzene Glasuren neigen weniger zur Entglasung und widerstehen dem rauchenden Feuer besser, auch wird die Färbung der eingeschmolzenen Glasuren schöner.

Es empfiehlt sich daher stets die Glasur vorher einzufritten, wobei man zur Fritte nicht die vollständig zusammen-

gemischte Glasur nimmt, sondern man läßt einen Teil des zur Glasur gehörenden Thones heraus. Man erhält dadurch eine leichter schmelzende Fritte und verhindert nach dem Zusatz des Thones zur Fritte ein rasches Absitzen derselben.

Zur Herstellung der Fritte werden die abgewogenen Mengen der Substanzen innigst gemischt und die Mischung dann in einen Ofen gegeben, der so eingerichtet ist, daß die geschmolzene Fritte abgezogen werden kann. Diese läßt man direkt ins Wasser tropfen, um die Glasmasse abzuschrecken und somit besser mahlen zu können.

Die Fritte wird dann mit der bestimmten Menge Kaolin oder Thon versetzt und wie gewöhnlich auf der Glasurmühle naß vermahlen, um dann in der üblichen Weise aufgetragen zu werden.

Außer diesen Bleiglasuren sind auch bleifreie Glasuren für niedere Temperaturen im Gebrauch. Für diese sollen ebenfalls Typen im nachstehenden angegeben werden:

1. Farblos:

$$\left.\begin{matrix}0.25\ Na_2\ O\\0.75\ Ca\ O\end{matrix}\right\} 0.09\ Al_2\ O_3 \left\{\begin{matrix}3.6\ Si\ O_2\\0.5\ Bo_2\ O_3.\end{matrix}\right.$$

Es werden also gemischt zur Fritte:

50 Sand von Hohenbacka,
18 Marmor,
35 Borax.

Diese Mengen werden fein gemahlen, gut gemischt und bis zum klaren Fluß erhitzt.

Zur Glasur kommen dann auf 95 Teile der Fritte noch 5 gr Kaolin.

2. Braun:

$$\left.\begin{matrix}0.3\ Na_2\ O\\0.1\ Fe\ O\\0.2\ Mn\ O\\0.4\ Ca\ O\end{matrix}\right\} 3.8\ Si\ O_2,\ 0.6\ Bo_2\ O_3.$$

Hierbei werden zur Fritte gemischt:

50 Sand,
5 Eisenoxyd,
4 Braunstein,

8 Marmor,
36 Borax.

Zum leichteren Einschmelzen und späteren, bequemeren Auftragen kann man auch einen Teil des Sandes aus der Fritte lassen und denselben erst später hinzusetzen.

Bei diesen Glasuren ist das Hauptflußmittel der Borax, also eine im Wasser lösliche Substanz.

Um ein Entmischen zu vermeiden, ist daher ein Einfritten der Glasuren notwendig.

Für höhere Temperaturen sind von Seger*) folgende Typen für bleifreie Glasuren angegeben worden.

I. Fritte: $\left.\begin{matrix}0.2\ K_2\ O\\0.8\ Ca\ O\end{matrix}\right\}$ $0.6\ Al_2\ O_3,\ 5\ Si\ O_2,\ 1\ Bo_2\ O_3,$

d. h. 111.2 gr Feldspath,
80.0 gr Marmor,
104.0 gr Kaolin,
180.0 gr Sand,
70.0 gr Borsäureanhydrid.

Zur Glasur kommen dann noch auf obige Mengen 52 gr Kaolin, so daß die Formel für die fertige Glasur folgende ist:

$\left.\begin{matrix}0.2\ K_2\ O\\0.8\ Ca\ O\end{matrix}\right\}$ $0.8\ Al_2\ O_3,\ 5.4\ Si\ O_2,\ 1\ Bo_2\ O_3.$

II. Fritte: $\left.\begin{matrix}0.2\ K_2\ O\\0.1\ Na_3\ O\\0.7\ Ca\ O\end{matrix}\right\}$ $0.6\ Al_2\ O_3,\ 5\ Si\ O_2,\ 1\ Bo_2\ O_3,$

d. h. 111.2 gr Feldspath,
38.2 gr wasserhaltigen Borax,
70.0 gr Marmor,
104.0 gr Kaolin,
180.0 gr Sand,
56.0 gr Borsäureanhydrid.

Zur Glasur kommen ebenfalls auf diese Mengen noch 52 gr Kaolin, so daß die Formel der fertigen Glasur folgende ist:

$\left.\begin{matrix}0.2\ K_2\ O\\0.1\ Na_2\ O\\0.7\ Ca\ O\end{matrix}\right\}$ $0.8\ Al_2\ O_3,\ 5.4\ Si\ O_2,\ 1\ Bo_2\ O_3.$

*) Ges. Schriften v. Seger S. 467.

III. Fritte: $\left.\begin{matrix}0.2\ K_2O\\0.2\ Na_2O\\0.6\ CaO\end{matrix}\right\}$ $0.6\ Al_2O_3,\ 5\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3,$

d. h. 111.2 gr Feldspath,
76.4 gr Borax (wasserhaltig),
60.0 gr Marmor,
104.0 gr Kaolin,
180.0 gr Sand,
42.0 gr Borsäureanhydrid.

Dazu kommen zur Glasur 52 gr Kaolin, demnach ist die Formel der Glasur:

$\left.\begin{matrix}0.2\ K_2O\\0.2\ Na_2O\\0.6\ CaO\end{matrix}\right\}$ $0.8\ Al_2O_3,\ 5.4\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3.$

IV. Fritte: $\left.\begin{matrix}0.25\ K_2O\\0.25\ Na_2O\\0.5\ \ CaO\end{matrix}\right\}$ $0.6\ Al_2O_3,\ 5\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3,$

d. h. 139 gr Feldspath,
95.5 gr Borax (wasserhaltig),
50.0 gr Marmor,
91.0 gr Kaolin,
168.0 gr Sand,
35.0 gr Borsäureanhydrid.

Dazu kommen zur Glasur 52 gr Kaolin; die Formel der fertigen Glasur ist:

$\left.\begin{matrix}0.25\ K_2O\\0.25\ Na_2O\\0.5\ \ CaO\end{matrix}\right\}$ $0.8\ Al_2O_3,\ 5.5\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3$

V. Fritte: $\left.\begin{matrix}0.3\ K_2O\\0.3\ Na_2O\\0.4\ CaO\end{matrix}\right\}$ $0.6\ Al_2O_3,\ 5\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3.$

d. h. 166.8 gr Feldspath,
114.6 gr Borax (wasserhaltig),
40.0 gr Marmor,
78.0 gr Kaolin,
156.0 gr Sand,
28.0 gr Borsäureanhydrid.

Zur Glasur kommen noch 52 gr Kaolin; die Formel der Glasur ist demnach:

$$\left.\begin{matrix}0.3\ K_2O\\0.3\ Na_2O\\0.4\ CaO\end{matrix}\right\} 0.8\ Al_2O_3,\ 5.4\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3,$$

$$\text{VI. Fritte: } \left.\begin{matrix}0.3\ K_2O\\0.7\ CaO\end{matrix}\right\} 0.5\ Al_2O_3,\ 4\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3.$$

d. h. 166.8 gr Feldspath,
70.0 gr Marmor,
52.0 gr Kaolin,
96.0 gr Sand,
70.0 gr Borsäureanhydrid.

Dazu kommen zur Glasur: 26 gr Kaolin, so daß die Formel der Glasur ist:

$$\left.\begin{matrix}0.3\ K_2O\\0.7\ CaO\end{matrix}\right\} 0.6\ Al_2O_3,\ 4.2\ SiO_2,\ 1\ Bo_2O_3.$$

Die färbenden Oxyde werden diesen Glasuren ebenfalls in dem früher angegebenen Prozentsatz zur Erzeugung gefärbter Glasuren hinzugegeben.

Diese Mischungen von I bis VI werden bei Seger-Kegel 05 bereits blank.

Auch beim Einbrennen dieser Glasuren ist rauchendes Feuer zu vermeiden, da sonst die Borsäure aus ihren Verbindungen frei gemacht und die Glasur zerstört und blasig wird.

Die Glasuren für Dachsteine werden gewöhnlich höher eingebrannt, da ja gute Dachsteine selbst bei einer Temperatur von Seger-Kegel 5—10 gebrannt werden. Die zur Verwendung kommenden Glasuren sind dieselben wie bei den niedergebrannten Ziegelmaterialien, nur daß bei solchen Materialien, die eine höhere Brenntemperatur fordern und aushalten, mehr Erdglasuren zur Verwendung kommen können.

Diese zur Glasur geeigneten Ockerarten oder eisenschüssigen Lehme sind durchaus nicht selten;*) es werden eine große Anzahl leicht schmelzender Ziegelerden entweder direkt aufgebrannt oder aber nach Zusatz von Flußmitteln in Gestalt

*) Seger's Schriften S. 351.

von Marmor, Feldspath, Pottasche, Soda nebst den nötigen färbenden Oxyden.

Für rot, braun sowie für schwarz kann man leicht schmelzende, rotbrennende Thone verwenden, die wie bei den Bleiglasuren noch färbende Oxyde, also in diesem Falle noch Eisenoxyd und Braunstein zugemischt bekommen.

Zur Herstellung der blauen, grünen, gelben und schön roten Glasuren muß man sich jedoch eines weißen Thones resp. Kaolines bedienen, der durch Zusatz von Marmor, Feldspath etc. leichtflüssiger gemacht ist.

Glasuren für höhere Temperaturen entsprechen ungefähr der Formel:

$$\left.\begin{matrix} 0.3\ K_2O \\ 0.7\ CaO \end{matrix}\right\} 0.5\ Al_2O_3,\ 5\ SiO_2,$$

d. h. sie setzen sich in Gewichtsprozenten zusammen aus:

42 gr Feldspath,
17 gr Marmor,
27 gr Quarzsand,
14 gr Kaolin.

Von dieser Zusammensetzung ausgehend kommt man zu den für höhere Temperaturen passenden Glasuren.

Für grün fügt man obiger Glasur 2—3 Prozent Chromoxyd für blau 0.8—1.5 Prozent Cobaltoxyd, für rot 7.5—10 Prozent Pink hinzu, das hergestellt wird aus:

50 Teilen Zinnoxyd,
25 „ Marmor,
18 „ Sand.

Diese Mengenverhältnisse werden gemahlen und mit einer heiß gesättigten Lösung von 3 Teilen chromsaurem Kali und 4 Teilen Borax versetzt. Dann wird bis zur Trockene eingedampft und der Farbkörper stark ausgeglüht. Nach dem Glühen wird die rote Masse fein gemahlen, ausgewaschen und nochmals hoch geglüht. Alsdann ist der Farbkörper zur Verwendung fertig.

Als gelbe Glasur für höhere Temperaturen kann man folgende Glasur benutzen:

100 gr der oben angegebenen farblosen Glasur werden versetzt mit 3 gr Urannitratlösung, alsdann setzt man Ammoniak hinzu bis der Geruch desselben deutlich wahrnehmbar ist und dampft bis zur Trockene ein. Nach dem scharfen Trocknen wird die Masse fein verrieben und ist zum Gebrauch fertig.

Von den eben besprochenen Ziegelglasuren verlangt man:

1. Tadelloses, glänzendes Aussehen,
2. Schöne Farbe,
3. Abwesenheit von Haarrissen,
4. Wetterbeständigkeit,
5. Frostbeständigkeit.

Beim Brennen der Glasur ist zum guten Gelingen, wie schon früher erwähnt, erforderlich:

1. Klarer Brand, Vermeidung des rauchenden Feuers und der Flugasche.

2. Möglichst schnelles Abkühlen der Glasur, auf daß keine Krystallisation und Entglasung eintritt. Die Fehler, die beim Aufbrennen der Glasur häufig beobachtet werden, sind:

1. Haarrissigkeit der Glasur sofort nach dem Brande,
2. Rissigwerden der Glasur in der Witterung,
3. Entglasen und Blindwerden der Glasur im Feuer,
4. In der Witterung,
5. Abblättern und Abplatzen der Glasur,
6. Tropfiges Zusammenziehen der Glasur.

Ist die Glasur sofort nach dem Brande haarrissig, so hat man nach Seger*) dafür zu sorgen, daß der Schmelzpunkt etwas heraufgerückt wird, die Flußmittel also verringert werden. Man kann also um das Haarrissigwerden zu vermeiden:

1. Weniger Flußmittel anwenden und dadurch den Gehalt an Kieselsäure und Thonerde erhöhen, oder

2. der Glasurmasse mehr Sand resp. Thon hinzusetzen,

3. der Glasurmasse Zinnoxyd hinzusetzen, wodurch die Glasur zäher wird. Der Zusatz darf jedoch nicht so hoch gehen, daß die Glasur undurchsichtig wird.

Treten die Haarrisse jedoch erst nach längerer Zeit zu Tage, so liegt es nicht an der ungleichen Schwindung zwischen

*) Seger's Ges. Schriften. S. 475.

Glasur und Masse, sondern die Ursache der Haarrissigkeit ist in dem Scherben zu suchen. Dieser ist unter gewöhnlichen Verhältnissen nie so dicht gebrannt, daß er nicht mehr Wasser aufnimmt, sondern die Fähigkeit des Scherbens Wasser aufzunehmen wird im größeren oder kleineren Maße stets vorhanden sein.

Im Winter gefriert dieses Wasser und dehnt sich infolgedessen aus, so daß das entstehende Eis die Glasur haarrissig macht, zerstört und oft stellenweise abhebt. Eine frostbeständige Glasur giebt es daher nur auf fast dichtgebranntem Scherben.

Bei Versuchen, die Verfasser im Chem. Laboratorium für Thonindustrie ausführte, konnte jede Glasur, die auf einem nicht dichtgebrannten Scherben aufgetragen und gebrannt worden war, durch eine künstliche Gefriermethode mehr oder minder rasch zerstört und haarrissig gemacht werden.

Es bestätigen also diese Versuche, daß ein wenig wetterbeständiger Stein durch eine Glasur nicht wetterbeständiger gemacht werden kann, sondern es hilft vielmehr eine Glasur auf einen nicht wetterbeständigen Scherben den Verfall desselben beschleunigen.*)

Bei großen Unterschieden in der Schwindung zwischen Glasur und Scherben beobachtet man manchmal ein vollständiges Abheben der Glasur. In diesem Falle magert man entweder den Scherben oder setzt der Glasur thonige Anteile hinzu.

Ein Abheben der Glasur kann auch durch die Frostwirkung hervorgerufen werden, wenn der Scherben sehr fein porös ist, so daß die feinen Eisnadeln aus den engen Poren mit Gewalt hervorschießen und die Glasur absprengen. Wird dieses beobachtet, so ist dafür Sorge zu tragen, daß der Scherben dichter gebrannt wird, oder daß nur einzelne größere Porenräume vorhanden sind. Letzteres erreicht man durch geeigneten Sandzusatz in gröberer Form.

Als Glasuren für feuerfeste Waren kommen nur in Betracht die Glasuren für Graphittiegel und Leuchtgasretorten.

Zur Glasur für letztere benutzt man ein Gemenge von fein gemahlenem Feldspath und Gips in wechselndem Ver-

*) Seger's Ges. Schriften. S. 329.

hältnis. Diese Mischung wird mit Leimwasser angemacht und mittelst Pinsel oder durch Aufspritzen auf den Scherben gebracht. Der Schmelzpunkt dieser Glasurmischungen liegt erheblich über Segel-Kegel 10.

Eine Glasur für Graphittiegel setzt sich laut Untersuchung einer solchen im Chem. Laboratorium für Thonindustrie wie folgt zusammen:

66.8 gr Feldspath,
50.0 gr Marmor,
40.8 gr Borax (wasserfrei),
32.0 gr Eisenoxyd (caput mortuum),
102.0 gr Sand,
42.0 gr Borsäureanhydrid.

Dieselbe würde also folgender Formel entsprechen:

$$\left.\begin{matrix} 0.3\ K_2\ O \\ 0.5\ Ca\ O \\ 0.2\ Na_2\ O \end{matrix}\right\} \left.\begin{matrix} 0.3\ Al_2\ O_3 \\ 0.2\ Fe_2\ O_3 \end{matrix}\right\} 3.5\ Si O_2,\ 1\ Bo_2 O_3.$$

Im rauchenden Feuer aufgebrannt wird die Glasur schwarz.

Die für die stets kalkhaltigen Töpfergeschirre gebrauchten Glasuren sind ein Gemenge von Töpferthon und Mennige, je nach der Brenntemperatur in verschiedenen Verhältnissen. Für gelbe, braune und schwarze Glasuren wird der Lehmglasur das betreffende Oxyd: Eisenoxyd oder Braunstein hinzugesetzt. Gewöhnlich werden die trocknen Scherben sofort glasiert und Glasur und Scherben in einem Brande fertig gestellt, selten nur werden die besseren Geschirre erst schwach verglüht und dann glasiert. Die Glasur wird, wie der Beguß, in dicker Rahmkonsistenz entweder durch Eintauchen oder durch Begießen auf den Scherben gebracht, selten nur bringt man die Glasurmasse durch Bestäuben der Geschirre mit denselben auf die Oberfläche der Gefäße.

Das Zusammenmischen und Mahlen der Glasuren geschieht auf dieselbe Weise wie bei den Bleiglasuren der Ziegelwaren und sind auch hier zur Herstellung einer brauchbaren Glasur dieselben Regeln zu beobachten.

Man verlangt vom Töpfergeschirr, daß die Bleiglasur so hoch gebrannt ist, daß sich ein wetter- und säurebeständiges

Silikat gebildet hat, daß also ein Lösen der Glasur beim Kochen unmöglich ist.

Die Glasuren der ordinären Fayence bestehen gewöhnlich aus Bleioxyd, Sand, Soda, Kochsalz und Zinnoxyd. Sämtliche Glasurbestandtheile werden fein vermahlen und dann stets eingefrittet, wobei wie früher angegeben verfahren wird. Um die Glasur möglichst weiß erscheinen zu lassen, setzt man derselben eine geringe Menge Cobaltoxyd: 0.04 Prozent, oder Smalte hinzu.

Als färbende Oxyde benutzt man die gewöhnlichen bei den Ziegelwaren angegebenen. Die Glasuren werden auch hier durch Begießen oder durch Tauchen auf den verglühten Scherben gebracht und in einem besonderen Brande, dem Glasurbrande, aufgeschmolzen.

Als Verzierungen der Fayence bemalt man häufig die Glasur mit Farben, die jedoch einen niederen Schmelzpunkt haben müssen als die Glasur.

Diese werden entweder auf die fertige Glasur aufgetragen oder aber auf die noch ungeschmolzene Glasur angebracht. Die Zusammensetzung der Farben ist den leicht schmelzenden Porzellanfarben ähnlich, die beim Porzellan besprochen werden sollen. Das Auftragen der Farben geschieht entweder mittelst Pinsel oder durch Abdruck und Abziehbilder.

Das Aufbrennen der Farben geschieht im Muffelofen bei niederer Temperatur.

Die weiße Glasur für Ofenkacheln ist ebenfalls so zusammengesetzt wie die Fayenceglasur. Die gewöhnlichste und gebräuchlichste Ofenkachelglasur ist die Schmelzglasur. Diese besteht aus: Äscher, d. h. Blei- und Zinnasche, Sand und Salz. Häufig enthält die Glasur auch Feldspath, Salpeter, Steingut- und Porzellanscherben.

Zur Ascherbereitung werden Blei und Zinn in dem Verhältnis von 1 : 1 bis 4 : 1 geschmolzen und dann oxydiert. Das Veraschen geschieht zweckmäßig in einer mit Sand ausgespritzten Chamottekapsel, in welcher über einer mäßigen Flamme zunächst das Blei geschmolzen, worauf dann die bestimmte Menge Zinn hinzugegeben wird. Bei weiterem Er-

hitzen beginnen sich die Metalle zu oxydieren, was durch Umrühren mittelst eines Kupferdrahtes beschleunigt werden kann. Nach der vollständigen Oxydation der Metalle bleibt ein gelbes Pulver zurück, das zur Herstellung der Schmelzglasur benutzt wird.

Brömse*) giebt folgende Mengenverhältnisse an:

I. 21 kg Äscher (aus 1 Teil Blei auf 1 Teil Zinn),
16 kg Sand,
13 kg Salz.

II. 19.5 kg Äscher (aus 2 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
5.75 kg Salz,
14.5 kg Sand,
4.75 kg Feldspath,
3.75 kg Steingutscherben,
1.75 kg Salpeter.

III. 17 kg Äscher (aus 2 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
14.25 kg Sand,
5 kg Salz,
4.25 kg Steingutscherben,
4.00 kg Feldspath,
4.00 kg Mennige,
1.5 kg Salpeter.

IV. 20 kg Äscher (aus 2 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
13 kg Sand,
9 kg Porzellanscherben,
6.25 kg Salz,
1.75 kg Salpeter.

V. 17.5 kg Äscher (aus 2 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
16.0 kg Sand,
6.5 kg Porzellanscherben,
6.5 kg Salz,
3.5 kg Mennige.

VI. 19 kg Ascher (aus 20 kg Blei und 3 kg Zinn),
18.5 kg Sand,
12.5 kg Salz.

Die letzte Glasur ist jedoch ziemlich unansehnlich.

*) Ofen- und Glasurfabrikation.

Vom Laboratorium für Thonindustrie ist folgende Glasur für Ofenkacheln mit 25 bis 30 Prozent kohlensaurem Kalk angegeben worden:

420 gr Äscher (dargestellt aus 4 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
420 gr Sand von Fürstenwalde,
240 gr Salz.

Für gewisse Scherben ist natürlich eine Abänderung zu treffen, die darin besteht, daß der Glasur 10 bis 15 Prozent weißbrennender Thon (Kaolin) oder Kreide hinzugesetzt wird.

Um diesen Glasuren einen blauen zarten Stich zu geben, werden bis 0.2 Prozent Cobaltoxyd hinzugegeben, wobei man das letztere als Smalte hinzusetzt. Einen geringen rötlichen Stich, der die weiße Farbe lebhafter erscheinen läßt, ruft ein Zusatz von Braunstein hervor, der so hoch sein kann, wie der Eisenoxydgehalt in den zur Verwendung kommenden Materialien.

Zur Herstellung der weißen Schmelzglasur werden die oben angegebenen Mengenverhältnisse sorgfältigst gemischt und in einem besonderen Glasurofen so lange erhitzt, bis die geschmolzene Masse sich zu Fäden ziehen läßt, in denen von körnigen Bestandteilen nichts mehr zu beobachten ist. Die geschmolzene Masse wird nun im Wasser abgeschreckt und auf Glasurmühlen vermahlen. Die gemahlene Glasur wird mit Wasser ausgewaschen und kann dann zum Auftragen fertig gemacht werden, indem man sie in Wasser zu einem dicken Brei suspendiert. Das Glasieren findet auch hier durch Begießen und Eintauchen statt.

Die gewöhnliche Schmelzglasur wird bei Seger-Kegel 010 aufgebrannt und zwar gewöhnlich im Casseler Ofen mit Holzfeuerung.

Von farbigen Glasuren kommen besonders die blauen, grünen und braunen in Betracht.

Brömse giebt in seinem Handbuch für Ofen- und Glasurfabrikation folgende Glasuren an:

1. Blau:
   20 kg Äscher (aus 4 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
   15.5 kg Sand,
   6.0 kg Salz,

3.5 kg Feldspath,
3.5 kg Steingutscherben,
1.5 kg Pottasche,
2.0 kg Smalte.

2. Grün:

21 kg Äscher (aus 4 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
15.5 kg Sand,
4.0 kg Salz,
4.0 kg Steingutscherben.
3.5 kg Feldspath,
2.0 kg Salpeter,
200 gr Chromoxyd,
75 gr Smalte.

Zur dunkelbraunen Glasur kann man verwenden eine Mischung von:

420 gr Äscher (aus 4 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
420 gr Sand von Fürstenwalde,
240 gr Salz,
110 gr Eisenoxyd (caput mortuum),
50 gr Braunstein.

Dazu kommen, je nachdem der Scherben dieses erfordert, 7.5—10 Prozent Thon resp. Kaolin.

Eine sehr leichtflüssig altdeutsche grüne Glasur setzte sich zusammen aus:

403 gr Mennige,
124 gr Sand,
40 gr Kachelthon,
4 gr Braunstein,
20 gr Kupferoxyd,
16 gr Ocker,
0.1 gr Cobaltoxyd.

Die Färbung der Glasur war sehr schön, doch neigte sie stark zum Erblinden; dieselbe war absolut nicht wetterbeständig und wurde durch gasförmige Salzsäure sofort zerstört.

Eine brauchbare grüne Glasur erhält man jedoch aus:

375 gr Äscher (aus 4 Teilen Blei und 1 Teil Zinn),
375 gr Sand,

214 gr Salz,
36 gr Chromoxyd.

Brauchbare blaue Glasuren erhält man, wenn der Schmelzglasur 0.5—4 Prozent Cobaltoxyd hinzugesetzt werden.

Eine elfenbeinartige Glasur wird erhalten durch Zusatz von 2—3 Prozent Eisenoxyd (caput mortuum) zur Schmelzglasur, oder durch Zusatz von 7.5—10 Prozent Rutil, wobei dann zweckmäßig der Mennigegehalt um 10 Prozent erhöht wird.

Seger hat zur Herstellung einer Elfenbeinglasur folgende Mengenverhältnisse angegeben:

Fritte:
505 gr Salpeter,
250 gr Marmor,
492 gr kohlensauren Baryt,
955 gr Borax,
868 gr Borsäure,
2880 gr Sand,
800 gr Eisenoxyd (caput mortuum).

Diese Mengenverhältnisse werden gründlichst gemischt und bis zum klaren Fluß eingefrittet. Zur Glasur kommen dann auf 3 Teile der weißen Schmelzglasur 1 Teil der obigen Fritte.

Die Glasurfehler, die bei den Ofenkacheln am meisten beobachtet werden, sind folgende:

1. Das Auswittern von Salzen,
2. Zusammenballen der Glasur und tropfenweises Zusammenfließen,
3. Abblättern der Glasur,
4. Blasigwerden,
5. Auftreten eines rötlichen Stiches.

Die Punkte 1—4 sind bereits früher bei den allgemein auftretenden Fehlern besprochen worden. Es bleibt nur noch übrig, den Punkt 5 aufzuklären. Durch Versuche ist festgestellt, daß der rötliche Stich auf einen Gehalt von Kupferoxyd resp. Oxydul zurückzuführen ist, der mit dem Blei oder anderen Rohmaterialien in die Glasur gekommen ist und in

schwachrauchendem Feuer der Glasur einen rötlichen Stich verleiht.

Das Steingut kann sehr mannigfaltig verziert werden und übertrifft die Verzierung des Steingutes an Farbenreichtum das Porzellan, da der niederen Brenntemperatur wegen noch Oxyde benutzt werden können, die sich im Porzellanfeuer nicht mehr halten.

Man verziert das Steingut:

1. Durch mit Metalloxyden gefärbte Massen (Engoben),
2. durch farblose und gefärbte Glasuren,
3. durch Farben unter der Glasur und
4. durch Aufglasurfarben.

Die gefärbten Engoben werden aus Steingutmasse hergestellt, die die färbenden Oxyde zugesetzt erhalten, wie schon früher besprochen wurde.

Die farblose Glasur setzt sich zusammen aus: Feldspath, Mennige, Soda, Kreide, Sand, Borax, Borsäure, Glas, Thon etc.

Zur Herstellung von gefärbten Glasuren werden den farblosen die färbenden Oxyde in den schon früher angegebenen Mengen zugesetzt.

Sämtliche Glasuren für Steingutwaren werden eingefrittet und bei einfarbigen Geschirren mittelst des Tauchverfahrens aufgetragen. Verschiedene Farben werden mit dem Pinsel aufgetragen. Die am meisten gebräuchlichsten farblosen Steingutglasuren werden am besten durch folgenden Typus charakterisiert:

$$\left.\begin{matrix} 0.8\ PbO \\ 0.2\ CaO \end{matrix}\right\} 0.3\ Al_2O_3,\ 2.5\ SiO_2,$$

d. h. 177.6 gr Mennige,
20.0 gr Marmor,
78.0 gr Kaolin,
114.0 gr Sand.

Dazu kommen noch 0.02 Prozent Cobaltoxyd. Zur Herstellung dieser Glasur werden eingefrittet:

177.6 gr Mennige,
20.0 gr Marmor,
52.0 gr Kaolin,
114.0 gr Sand.

Zur Glasur kommen dann noch auf obige Mengen 26 gr Kaolin hinzu. Diese Glasur ist bei Seger-Kegel 03 vollständig blank und zeigt einen schönen Glanz.

Sie eignet sich für Steingutmassen, die etwa zusammengesetzt sind aus:

35 Quarz,
5 Kreide,
60 Thonsubstanz,

und die bei Kegel 3 verglüht worden sind.

Für kalkhaltige Steingutmassen giebt Tenax*) folgende Zusammensetzungen an:

Fritte:	1.	2.	3.	4.	5.
Feldspath:	41.5	35	16	30	24
Sand:	13.3	18	29	22	20
Mennige:	18.5	16	—	—	—
Borax:	16.5	22	29	30	35
Kaolin:	2.7	3	10	3.5	6
Pottasche:	1.0	—	—	4.5	3
Kreide:	6.5	6	15	11	12
Mühlenversatz:					
Fritte:	90	82	58	65	65
Bleiweiß:	9	8	26	24	13
Sand oder Kiesel:	—	—	—	—	11
Feldspath:	—	10	16	11	11

Für feldspathhaltiges Steingut:

Fritte:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Pegmatit (Chinastone):	—	—	31	25	—	41	—
Sand (Flint):	35	28	17	10	26	24	32
Minium (Mennige):	—	—	—	—	19	—	—
Borax	35	—	30	—	—	32	—
Borsäure (kryst.)	—	17	—	18.5	15	—	18
Soda (kryst.)	—	22	—	23.5	16	—	20
Kaolin (China clay)	12	15	11	8	11	3	13
Kreide	18	17	11	15	13	—	16

*) Steingut- und Porzellanfabrikation.

Mühlenversatz:

Fritte:	52	47	74	60	70	59	60
Bleiweiß:	18	21	12	18	6	18.5	22
Feldspath:	—	—	—	—	23	—	—
Pegmatit:	30	31	8	22	—	11	18
Kiesel:	—	—	6	—	—	—	—
Kreide:	—	—	—	—	—	11.5	—

Steinbrecht*) giebt Glasuren folgender Zusammensetzung an:

Fritten:		a.	b.	c.	d.	e.	f.
Spath	=	27	34	25	38	31	32
Mennige	=	19	26	11	22	13	22
Soda	=	7	14	9	9	11	14
Kreide	=	7	6	5	9	7	2
Sand	=	7	—	18	10	22	2
Borax	=	15	9	32	12	—	—
Borsäure	=	—	—	—	—	13	10
Glas	=	15	—	—	—	3	—
Thon	=	3	5	—	—	—	3
Gips	=	—	6	—	—	—	—
Phosphors. Kalk	=	—	—	—	—	—	12
Kryolith	=	—	—	—	—	—	13

Zur Glasur erhalten die Fritten folgenden Versatz:

Fritte: a, b, f = 90,
Spath 7,
Bleiglätte 3,

Fritte d oder e = 85,
Spath 6,
Mennige 7,
Kreide calc. 2,

oder

Fritte c = 75,
Spath = 17.5,
Kreide calc. = 3,
Chamotte = 2,
Bleiweiß = 2.5.

*) Steingut-Fabrikation.

Für eine Steingutmasse, die zusammengesetzt war aus:

25 Quarz,
3 Feldspath,
5 Kreide,
67 Thon-Substanz

geben Glasuren folgender Zusammensetzung brauchbare Resultate:

I. Fritte = 85.5 Mennige,
80.0 gemahlener Sand oder Feuerstein,
60.0 calc. Borax,
40.0 Kalkspath.

Mühlenversatz: 240 Fritte,
38.2 Kaolin,
60.0 Feldspath,
85.0 Quarz.

II. Fritte = 45 Quarz,
40 calc. Borax,
12 Kaolin,
18 Kreide.

Mühlenversatz: Fritte = 280,
Bleiweiß = 80,
Feldspath = 60,
Quarz = 85.

Diese beiden Glasuren waren bei einer Brenntemperatur zwischen den Segerkegeln 06—01 tadellos geflossen und hielten sich gut.

Zum Schlusse soll hier noch eine sehr leichtflüssige Glasur, die bei Seger-Kegel 010 schon aufgebrannt werden konnte, angegeben werden. Die Glasur entspricht ungefähr der Formel:

$$\left.\begin{matrix}0.35\ PbO\\0.30\ CaO\\0.35\ NaO\end{matrix}\right\} 0.3\ Al_2O_3 \left\{\begin{matrix}1.5\ SiO_2\\0.7\ Bo_2O_3\end{matrix}\right.$$

und setzt sich zusammen aus:

Fritte: 77.7 Mennige,
30.0 Marmor,
13.4 Borax (wasserhaltig),

39 Kaolin,
54 Sand.

Mühlenversatz:

Auf 1 kg der oben angegebenen geschmolzenen Masse kommen zur Glasur noch 123 gr Kaolin. Es werden also 1 kg Fritte mit 123 gr Kaolin in der Glasurmühle vermahlen. Auf einem Scherben, der zusammengesetzt war aus:

38 Quarz,
1 Feldspath,
1 Kreide,
60 Thonsubstanz,

war die oben angegebene Glasur bei Segerkegel 010 vollständig blank, haarrissefrei und bestand die Prüfung auf Säurebeständigkeit gut, da nach 2stündigem Kochen in 10 Prozent Essigsäure nichts gelöst worden war.

Außer den soeben angegebenen Glasuren, die mehr oder minder bleihaltig sind, kann man für Temperaturen über Seger-Kegel 05 die schon früher angegebenen Seger'schen bleifreien Glasuren benutzen.*)

Auch hat Seger die bleihaltigen Glasuren durch Schwerspathglasuren zu ersetzen empfohlen**), deren Zusammensetzung etwa folgende ist:

Fritte I =	Schwerspath	= 125.3,
	Calcinierte Soda	= 13.25,
	Borax (kryst.)	= 143.2,
	Sand	= 126.2,
	Holzkohle	= 15.
Fritte II =	Schwerspath	= 125.3,
	Borax (kryst.)	= 191.0,
	Sand	= 111.2,
	Holzkohle	= 15.

Zur Glasur kommen je nach der Brenntemperatur, die zwischen den Segerkegeln 010—1 schwanken kann, folgende Mengen:

*) Segers *Ges.* Schriften S. 467.
**) Segers *Ges.* Schriften S. 500.

A. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II
25.9 Zettlitzer Kaolin
3.0 Sand
} Segerkegel 010,

B. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II
25.9 Zettlitzer Kaolin
18.0 Sand
} Segerkegel 06,

C. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II
25.9 Zettlitzer Kaolin
33 Sand
} Segerkegel 06,

D. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II
25.9 Zettlitzer Kaolin
48.0 Sand
} Segerkegel 06,

E. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
51.8 Zettlitzer Kaolin,
6.0 Sand,

F. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
51.8 Zettlitzer Kaolin,
36.0 Sand,

G. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
51.8 Zettlitzer Kaolin,
66.0 Sand,

H. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
51.8 Zettlitzer Kaolin,
96.0 Sand,

I. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
77.7 Zettlitzer Kaolin,
24.0 Sand.

K. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
77.7 Zettlitzer Kaolin,
54.0 Sand.

L. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
77.7 Zettlitzer Kaolin,
84.0 Sand.

M. 292.5 Fritte I oder 297.5 Fritte II,
77.7 Zettlitzer Kaolin,
114.0 Sand.

Das Einschmelzen der Fritten, in welchen Schwerspath enthalten ist, darf nicht wie gewöhnlich geschehen, sondern muß in besonders dazu konstruierten Öfen vorgenommen werden, bei denen ein rasches Ausbrennen der Kohle verhindert wird. Ein solcher Ofen ist beschrieben in Segers Gesammelten Schriften S. 505.

Zur Herstellung der farbigen Glasuren setzt man gewöhnlich den farblosen Flüssen bis zu 15 Prozent färbende Oxyde hinzu, je nach der Farbe.*)

Auch für die gefärbten Glasuren kann man keine allgemein gültigen Rezepte aufstellen und sollen die nachfolgend angegebenen nur als Beispiel resp. als Ausgangsglasuren für anzustellende Versuche dienen:

1. Dunkelblaue Glasur:

Fritte: 30 Cobaltoxyd,
30 Sand,
20 Zinkoxyd,
10 Salpeter,
10 Borsäure,

Zur Glasur: 12 Teile dieser Fritte auf 100 Teile einer weißen (farblosen) Glasur.

2. Dunkelblaue Glasur:
   100 Teile einer weißen (farblosen) Glasur,
   20 Teile gewöhnlichen, gebrannten Braunstein,
   10 Teile Eisenoxyd.

3. Hellbraune Glasur:
   100 Teile farblose Glasur,
   10 Teile gebrannten Braunstein,
   5 Teile Eisenoxyd, oder aus:
   25 Teilen der dunkelbraunen Glasur und
   75 Teilen gelber Glasur.

4. Grüne Glasur:
   70 farblose Glasur,
   3 Eisenoxyd,
   1 gebrannter Braunstein,
   1 blaue Fritte von Glasur 1.

*) Tenax S. 117.

5. Schwarze Glasuren erhält man durch Vermischen von dunkelbrauner und dunkelblauer Glasur oder durch Erhöhung des Braunsteingehaltes in der dunkelbraunen Glasur.

6. Gelbe Glasur:

56 Teile einer sehr leichtflüssigen, boraxreichen Fritte,
26 „ Bleiweiß,
9 „ Feldspath,
7—12 „ gebrannte Terrasienna (Bolus),
2 „ Borax.

7. Hellgelbe Glasur:

50 Glasurfritte,
25 Bleiweiß,
10 Feldspath,
15 Neapelgelb (antimonsaures Bleioxyd).

Die Brenntemperatur dieser Glasur darf jedoch Segerkegel 010 nicht erheblich überschreiten, da sonst der schöne gelbe Farbton verschwindet.

8. Rote Glasur:

50 Glasurfritte,
8 Feldspath,
24 Bleiweiß,
15 Pinkrot,
2 Borax.

9. Violette Glasur:

75 rote Glasur,
25 dunkelblaue Glasur.

10. Hellgrauviolette Glasur:

100 farblose Glasur,
15—20 violetter Farbkörper, der dargestellt wird aus:
100 gr Zinnoxyd,
10 gr kryst. Borsäure,
1 gr Cobaltoxyd,
1.5 gr chromsaures Bleioxyd.

Diese Mengenverhältnisse werden gut gemischt, geglüht und ausgewaschen.

11. Grüne Glasur:
    42 leicht schmelzende Fritte,
    8 gebrannter Feldspath,
    25 Bleiweiß,
    25 Kupferoxydfritte.

Diese wird hergestellt aus:
    30 Kupferoxyd,
    15 Zinkoxyd,
    5 Borsäure,
    50 geglühtem Sand.

12. Hellgrüne Glasur:
    90 farblose Glasur,
    10 hellgrüner Farbkörper, dargestellt aus:
        36 doppelt chromsaurem Kali,
        12 Chlorcalcium,
        20 Sand,
        20 Kreide,
        12 Flußspath.

Diese Mischung wird trocken zusammengerieben, geglüht und gut ausgewaschen. Beim Feinmahlen der Fritte können dann 15 Prozent Glasurfritte und 1 bis 2 Prozent Borsäure hinzugesetzt werden.

Als Unterglasurfarben*) für die keramische Industrie können naturgemäß nur Mischungen oder Verbindungen mit Metalloxyden verwendet werden, welche entweder unzersetzt in der Glasur suspendiert bleiben, oder bei einer teilweisen oder vollständigen Auflösung in der schmelzenden Glasur dieser eine bestimmte intensive Farbe erteilen.

Um für die eigene Anfertigung einige Anleitung zu geben, sind im nachstehenden die Bereitungsweisen von den hauptsächlichsten Unterglasurfarben kurz angegeben:**)

1. Schwarz:
    44 Eisenoxyd (caput mortuum),
    44 Chromoxyd,

*) Segers *Ges.* Schriften S. 512.
**) Segers *Ges.* Schriften S. 512 und Tenax S. 104.

10 Braunstein,
2 Cobaltoxyd.

Diese Mischung wird gut geglüht und ausgewaschen, oder man benutzt als schwarze Farbe den feingemahlenen Chromeisenstein.

Seger*) stellte die schwarzen Farben auf folgende Weise her:

a) Ein grünliches Schwarz wurde erhalten durch Vermischen von 40 Teilen Eisenoxyd mit 76.2 Teilen Chromoxyd. Die Oxyde wurden auf der Glasurmühle naß sehr fein vermahlen, getrocknet, im Mörser gepulvert und dann im Porzellangutfeuer bei reduzierender Atmosphäre stark ausgeglüht. Das geglühte Gut wurde dann fein vermahlen.

b) Ein Braunschwarz wurde erhalten aus:
80 Teilen Eisenoxyd,
76.2 „ Chromoxyd.

c) Blauschwarz aus:
80 Teilen Eisenoxyd,
76.2 „ Chromoxyd,
20 „ Cobaltoxyd.

d) Druckschwarz wird hergestellt aus:
2 Eisenvitriol,
1 doppeltchromsaures Kali.

Diese werden nach dem Mischen in Pulverform geglüht und gewaschen. Zur Herstellung der Farbe werden dann
85 Teile obiger Mischung,
5 „ Cobaltoxyd,
10 „ Braunstein
gut gemischt und ausgeglüht.

2. Braune Farben:

38 Eisenvitriol, 38 Zinkoxyd, 24 doppelt chromsaures Kali werden vermischt, geglüht und gewaschen.

Seger**) erhielt braune Farbtöne auf folgende Weise:

a) Dunkelbraun:
80 Eisenoxyd,
76.2 Chromoxyd,
206 reine Thonerde.

*) Segers Ges. Schriften S. 518.
**) Segers Ges. Schriften S. 519.

b) Rotbraun:

80 Eisenoxyd,
76.2 Chromoxyd,
194.2 Zinkoxyd.

c) Hellrotbraun:

80 Eisenoxyd,
76.2 Chromoxyd,
51.5 Thonerde,
243 Zinkoxyd.

d) Gelbbraun:

80 Eisenoxyd,
76.5 Chromoxyd,
103 Thonerde,
324 Zinkoxyd.

Diese Mischungen werden ebenfalls möglichst fein naß vermahlen und dann sehr stark ausgeglüht.

e) Dunkelbraun:

79.5 Manganoxyd,
76.2 Chromoxyd.

f) Maulbeerbraun: erhält man durch Füllen der Lösung von
47.4 Kalialaun,
13.85 schwefelsaures Manganoxyd mit einer Lösung von
30 wasserfreiem, kohlensaurem Natron, durch gutes Auswaschen und dann mäßiges Glühen.

3. Blaue Farben:

a) Dunkelblau:

183 Phosphorsaures Cobaltoxydul,
103 Thonerde.

Ersteres erhält man aus: 19.5 Cobaltchlorür oder 40 krystallisiertes schwefelsaures Cobaltoxydul werden in wässriger Lösung mit 53.8 phosphorsaurem Natron gefällt, ausgewaschen und geglüht.

Oder man mischt:

82.8 Cobaltoxyd mit 103 Thonerde.

Ferner erhält man dunkelblau durch Vermischen und Glühen von:

20 Cobaltoxyd, oder aus: 70 Thonerdehydrat,
30 Kaolin, 20 Cobaltoxyd,
30 Zinnoxyd, 10 Salpeter.
10 Salpeter,
10 Zinkoxyd

b) Mattblau:
100 Ammoniakalaun,
15 Zinkoxyd,
10 kohlensaures Cobaltoxyd.

Ammoniakalaun und Zinkoxyd werden trocken verrieben, die Cobaltlösung dazu gesetzt, mit etwas Salpetersäure versetzt eingedampft, geglüht und ausgewaschen.

c) Blau: 20.3 Zinkoxyd,
34.5 phosphorsaures Cobaltoxydul,
51.5 Thonerde.

d) Hellblau: 35.5 Zinkoxyd,
8.6 phosphorsaures Cobaltoxydul,
51.5 Thonerde.

e) Dunkelgraublau: Durch Vermischen von gleichen Teilen Cobalt- und Nickeloxyd.

f) Dunkelblaugrün: 165.6 Cobaltoxyd,
76.2 Chromoxyd,
154.5 Thonerde.

g) Blaugrün: 20 Chromoxyd, 16 Zinkoxyd, Cobaltoxyd, 32 geglühtem Sand, 18 Borsäure, 10 Salpeter.

h) Helles Blaugrün: 40.3 Zinkoxyd,
56.4 chromsaures Cobaltoxydul,
103 Thonerde.

i) Hellblaugrün: 35.5 Zinkoxyd,
7.0 chromsaures Cobaltoxydul,
51.5 Thonerde.

Das chromsaure Cobaltoxydul wird dargestellt durch Füllen einer Lösung von 154.8 schwefelsaurem Kobaltoxydul (wasserfrei) mit einer solchen von 97.1 neutralem, chromsaurem Kali, gutes Auswaschen und schwaches Glühen.

Zur Verschönerung der eben besprochenen Farbtöne trägt ein starkes Ausglühen bei.

4. Grüne Farben:

a) 20 Chromoxyd
40 Fluß = } ist Fritte aus { 30 Sand, 15 Borax, 1 Kreide.
40 geglühtem Sand

b) Dunkelgrün: 149.6 Nickeloxyd,
76.2 Chromoxyd.

c) Hellgrün:
36 doppeltchromsaures Kali,
12 Chlorcalcium,
20 Sand,
20 Kalkspath oder Kreide,
12 Flußspath, gemischt, geglüht und gewaschen;
oder:
46 chromsaurer Baryt,
34 Marmor,
20 Borsäurehydrat und Ausglühen bei Goldschmelzhitze.

Der chromsaure Baryt wird hergestellt durch Fällen von 104 Chlorbaryum mit 97.5 neutralem, chromsaurem Kali, Auswaschen und gelindem Glühen.

5. Rote Farben:

50 Zinnoxyd
25 Marmor } Pinkrot
18 Sand

werden feingemahlen und mit einer heißgesättigten Lösung von 3 Teilen saurem chromsauren Kali und 4 Teilen Borax versetzt, die Lösung damit eingetrocknet, im Porzellanmörser gut durchgerieben und sehr stark ausgeglüht. Dann ist die rote Masse fein zu mahlen und nochmals auszuwaschen. Das Brennen muß hierbei möglichst bei oxydierender Beschaffenheit der Flamme vor sich gehen.

Eine rotblaue Nüance erhält man aus:

70 geglühtem Zinnoxyd und 23 Marmor,

welche Mischung wie die erste weiter behandelt wird.

Tenax*) giebt folgende Mischung an:

70 Pink, 16 boraxreiche Fritte,
10 Feldspath, 4 Bleiweiß.

*) Steingut- und Porzellanfabrik S. 105.

b) Fliederfarben: 50 Zinnoxyd,
3 doppeltchromsaures Kali,
20 Borax,

von denen die beiden letzten Substanzen wie vorhin in Lösung angewandt werden.

c) Purpurrot: 90 Kaolin (China clay),
10 Gold (in Königswasser gelöst).

Der Kaolin wird fein aufgeschlämmt, die Goldlösung hinzugegeben und nach dem Verjagen der überschüssigen Säure auf dem Wasserbade mit kohlensaurem Natron bis zur alkalischen Reaktion versetzt. Nach Zusatz von 20 gr Traubenzucker wird nach Hinzugabe von Wasser $^1/_2$ Stunde gekocht.

Die erhaltene purpurfarbene Masse wird ausgewaschen, schwach ausgeglüht (unter Segerkegel 010) gemahlen und nochmals ausgewaschen.

d) Rosa erhält man auf dieselbe Weise, aus:
98 Kaolin,
2 Gold.

e) Eisenrot = 27.8 Eisenvitriol werden in heißem Wasser gelöst und durch Zusatz von Salpetersäure in gelbes Eisenoxydsalz verwandelt. Dazu kommen 189.8 Kalialaun.

Beide Lösungen werden miteinander vermischt und mit Ammoniak im Ueberschuß gefällt, gut ausgewaschen, schwach verglüht und nach dem Feinmahlen nochmals gewaschen. Darauf werden gemischt:

70 Teile von dem roten Körper mit
30 Teilen eisenhaltiger Steingutglasur.

6. Gelbe Farben:

a) 41 rohe Titansäure,
40.6 Zinkoxyd, } stark ausgeglüht.

b) 73 salpetersaures Bleioxyd,
33 Antimonoxyd,
12.2 Thonerde,
100 Kochsalz;

diese Mengen werden gemischt, geglüht, gemahlen und ausgewaschen.

Diese Farbe kann strengflüssiger gemacht werden durch Zusatz bis zu 33 1/3 Prozent zinnsaurem Kalk. Dieser wird hergestellt aus:

75 Zinnoxyd,
50 Marmor.

c) 1 weinsaures Antimonoxyd-Kali,
2 salpetersaures Bleioxyd,
4 Kochsalz, oder:
1 gepulverte Buchdruckerlettern (Antimonblei),
1 1/2 Salpeter,
3 Kochsalz, zusammengerieben, gebrannt, gewaschen, oder:
2 Antimonoxyd,
4 Äscher (dargestellt aus 3 Blei und 1 Zinn),
1 1/2 Neapelgelb (antimonsaures Blei).

Kleine Zusätze von Eisenoxyd vertiefen den gelben Farbton.

d) Orange durch Mischen von:

50 Mennige,
33 Antimonoxyd,
18 Eisenoxyd,
25 Salpeter,

} ebenfalls mit zinnsaurem Kalk bis zu 33 1/3 Prozent zu versehen, um sie feuerbeständiger zu machen.

7. Türkisblau:

119.3 phosphorsaures Kupferoxyd,
150 Zinnoxyd.

Ersteres wird erhalten, wenn man 37.4 krystallisiertes Kupfervitriol mit einem Gemisch von 25.8 phosphorsaurem Natron und 5.3 kohlensaurem Natron fällt, den Niederschlag auswäscht und gelinde glüht.

8. Violette Farbtöne:

a) Dunkelviolett. Durch Verreiben von:
6 Pink mit 1 dunkelblauer Fritte.

b) Hellviolett (Unique):
100 Zinnoxyd,
10 kryst. Borsäure,
1 Cobaltoxyd,
1.5 chromsaures Bleioxyd.

Zur Farbe kommen dann auf 80 Teile des obigen Gemenges noch 20 Teile Bleiweiß.

c) violettbraun: 177.5 phosphorsaures Manganoxydul,
75 Zinnoxyd.

Ersteres wird hergestellt durch Fällen von krystallisiertem schwefelsauren Manganoxydul — 41.6 Teile durch 35.8 Teile phosphorsaures Natron und 5.3 Teile kohlensaures Natron, Auswaschen und schwach Ausglühen.

9. Graue Farbtöne erhält man durch entsprechendes Verdünnen der schwarzen Farbtöne mit der Masse oder durch Vermischen derselben mit Iridiumoxyd oder mit Platinsalmiak.

Seger*) verwandte als graue Farbe:

5 Iridiumsesquioxyd,
95 Masse.

Diese wurden verrieben, schwach ausgeglüht und wieder fein verrieben.

Die soeben besprochenen Unterglasurfarben werden entweder mit dem Pinsel aufgetragen oder durch Druck auf den Scherben gebracht.**)

Sollen die Unterglasurfarben mittelst Pinsel durch die Hand geübter Maler aufgetragen werden, so vermischt man dieselben mit Klebemitteln, wie Gummi, Traganth, arabischem Gummi oder auch Glycerin.

Je nachdem die Farbe dicker oder dünner aufgetragen wird, erzielt man mit derselben Farbe noch verschiedene Tönungen.

Beim Steingut werden jedoch die farbigen Verzierungen in der Regel durch Umdruck hergestellt. Zu diesem Zwecke reibt man die Unterglasurfarben mit einem Druckfirniß an, welcher etwa besteht aus:

4 Liter Leinöl,
1 Liter Rüböl (säurefrei),
120 gr Colophonium,
60 gr Mennige,
60 gr Holzteer.

*) Segers Ges. Schriften S. 525.
**) Tenax S. 110.

Diese Mischung wird gekocht, bis ein herausgenommener Tropfen beginnt Faden zu ziehen und alsdann mit noch 200 gr Holzteer versetzt.

Die Farbe wird mit diesem Druckfirniß gut verrieben und auf die gemusterten, tief gestochenen Kupferplatten gebracht. Der Überschuß wird abgestrichen und die Gravierung auf das Umdruckpapier übertragen. Dieses muß mit einer Seifenlösung überzogen sein, damit beim späteren Abziehen die Farbe nicht kleben bleibt.

Die Seifenschmiere für das Druckpapier besteht aus:

20 gr Schmierseife,
20 gr kryst. Soda,
400 gr Wasser und wird auf $^1/_3$ eingekocht.

Von dem Druckpapier bringt man die Verzierungen auf den Scherben durch gewöhnliches Abziehen. Bevor diese so verzierten Scherben weiter glasiert werden können, müssen dieselben zur Zerstörung des Druckfirnisses schwach gebrannt werden. Alsdann werden die farblosen Glasuren aufgetragen.

Die Verzierungen durch Malerei oder Druck auf der Glasur unterscheiden sich in nichts von den Verzierungen beim Porzellan und sollen bei diesem besprochen werden.

Erwähnt sei hier noch, daß bei feinem Steingut die rohen Scherben noch durch Radierungen verziert werden, die wieder mit Farben versehen werden können.

Die gefärbten oder engobierten Steingutscherben können außerdem noch mit weißen durchscheinenden Pasten malerisch verziert oder mit reliefartigen Malereien versehen werden. Eine genaue Besprechung dieser Technik würde jedoch über den Rahmen dieses Werkchens hinausgehen.

Die bei den Steingutglasuren beobachteten Fehler sind dieselben wie die bei den Ziegelwaren besprochenen. Erwähnt sei hier nur eine sich gerade beim Steingut zeigende Erscheinung, nämlich das Zurücktreten der Glasur von den Rändern des Scherbens.

Diese Erscheinung ist 1. zurückzuführen auf einen ungleichmäßigen Brand des Scherbens und 2. auf eine zu feine Mahlung und zu große Zähigkeit der Glasur. Zur Vermeidung

dieses Fehlers wird an dem Scherben nichts geändert, sondern die Konsistenz der Glasur wird so eingerichtet, daß dieselbe auch an den dichter gebrannten Stellen des Scherbens genügend haftet, wobei die Mahlung eine nicht zu feine sein darf und der Schmelzpunkt der Glasur herabgesetzt werden muß. Dieses geschieht am zweckmäßigsten durch Einführung von Borsäure, deren Zusatz jedoch so bemessen werden muß, daß die entstehende leichter schmelzende Glasur nicht haarrissig wird.

Wie schon früher erwähnt, können die Glasuren für Steinzeug sein:

1. Salzglasuren,
2. Bleiglasuren,
3. Erdglasuren.

Erstere entstehen durch Anflug beim Verdampfen des in den heißen Ofen geschütteten Kochsalzes, wobei man sich von dem Gelingen der Glasur durch folgende Manipulation zu überzeugen hat.

Vermittelst einer Eisenstange bringt man ein Stück Holz durch eine kleine Öffnung der Eingangsthür in den Ofen. Hier entzündet sich das Holz und an dem Widerscheine der Flamme, die sich in der Glasur spiegelt, kann ein geübtes Auge beurteilen, ob die Glasur gelang, war dies nicht der Fall, so muß der Salzeinwurf wiederholt werden.*)

Die Bleiglasuren, die — wie schon früher besprochen — in einem besonderen Brande aufgebrannt werden, unterscheiden sich in nichts von den bei den Ziegelwaren besprochenen bleihaltigen Glasuren, nur muß der Schmelzpunkt derselben natürlich der Brenntemperatur angepaßt sein. Als Erdglasuren verwendet man direkt gewöhnlich leichtschmelzende Lehme oder man stellt sich Glasuren zusammen, die bei Seger-Kegel 3 schmelzen und mit dem Scherben zugleich fertig gebrannt werden.

Der Typus solcher Glasuren wäre:

$$\left.\begin{matrix} 0.3\ K_2O \\ 0.7\ Na_2O \end{matrix}\right\} 0.5\ Al_2O_3,\ 4\ SiO_2$$

*) Heusinger v. Waldegg S. 804.

Eine graue Glasur für Steinzeug erhält man durch Mischen von:

259 Teilen Kaolin,
540 „ Sand,
350 „ Marmor,
836 „ Feldspath.

Diese muß in schwach reduzierendem Feuer bei einer Temperatur gebrannt werden, die über Kegel 3 liegt.

Zur Herstellung einer gelben Glasur ist obiges Gemenge mit 5 Prozent Eisenoxyd oder 30 Prozent rotbrennendem Lehm zu versetzen.

Eine gelbbraune Glasur für Steinzeug kann erhalten werden aus:

110 Teilen Sand,
66 „ Marmor,
40 „ Eisenoxyd (caput mortuum),
140 „ Feldspath.

Eine dunkelgraue, fast schwarze Glasur setzte sich zusammen aus:

110 Teilen Sand,
60 „ Marmor,
40 „ Eisenoxyd,
50 „ Braunstein,
140 „ Feldspath.

Der Schmelzpunkt, d. h. die Brenntemperatur für diese beiden letzten Glasuren, liegt bei Seger-Kegel 1.

Wird der Gehalt an Marmor bis auf die Hälfte herabgesetzt, so erhält man Glasuren, die erst bei höherer Temperatur Seger-Kegel 3 blank werden. Daraus geht hervor, daß bei erhöhtem Kalkgehalt, natürlich bis zu einer gewissen Grenze, der Schmelzpunkt der Glasuren herabgedrückt wird. Aus diesem Grunde setzt man auch Lehmen, die zur Glasur verwendet werden sollen, Kalk hinzu, um sie leichter fließend zu machen.

Für Temperaturen zwischen Seger-Kegel 05 und 1 und darüber hinaus kann man auch für Steinzeug die bleifreien Seger'schen Glasuren anwenden, die nach Bedarf abgeändert

werden müssen und mit färbenden Oxyden versetzt werden können.

Für feines Steinzeug können besonders die farblosen bleifreien Glasuren benutzt und angewandt werden, doch gebraucht man gewöhnlich bei höheren Temperaturen Glasurmischungen, die den Porzellanglasuren ähnlich zusammengesetzt sind.

Wie bei dem Steingut, so beobachtet man auch bei den Steinzeugglasuren häufig ein Rauhwerden der Glasur; es tritt dieser Fehler hauptsächlich bei gewöhnlichem Steinzeug, welches Blei- oder Bor-Glasuren trägt, auf. Diese Erscheinung wird hervorgerufen durch stark reduzierendes Feuer, welches eine Verflüchtigung von Blei und Borsäure hervorruft. Es entstehen dann zahlreiche kleine Bläschen auf der Glasur, die dieselbe nun eierschalig und rauh erscheinen lassen. Um dieses Rauhwerden der Glasur zu verhindern, muß darauf gesehen werden, daß beim Aufbrennen derartiger Glasuren das rauchende Feuer nach Möglichkeit vermieden wird und werden zweckmäßig die so glasierten Waren durch Einbauen geschützt.

Ein anderer Fehler, der beim Steinzeug besonders häufig sowohl bei Salz- als auch bei Erdglasuren beobachtet wird, ist das stellenweise Zusammenziehen der Glasur, so daß die Oberfläche der Steinzeugwaren wie schaffriert erscheint. Bei Salzglasuren ist diese Erscheinung auf ein ungenügendes Salzen bei zu niedriger Temperatur zurückzuführen, da man diesen Fehler besonders bei Stücken beobachten kann, die an den weniger heißen Stellen im Ofen gestanden haben.

Erdglasuren, die diese Erscheinung zeigen, sind entweder zu fein gemahlen oder dieselben sind für die Brenntemperatur der betreffenden Waren zu schwerflüssig.

Man erhält fehlerlose Stücke, wenn man beim Salzglasieren die Temperatur steigert und je nach der Art des Steinzeugmaterials über Segerkegel 3 resp. 5 hinausgeht. Bei Erdglasuren kommt man bei erhöhter Brenntemperatur, wenn der Scherben diese verträgt, ebenfalls zu brauchbaren Resultaten; im anderen Falle muß man die Glasur etwa durch Kalkzusatz leichtflüssiger machen und dafür sorgen, daß die Mahlung nicht zu fein wird. Bei erhöhter Brenntemperatur kommt

man auch dadurch zum Ziel, daß man die Schwindung der Glasur durch Zusatz von Magerungsmittel (Sand oder gebranntem Thon) herabsetzt.

Wie beim Steingut ist die Verzierung und Dekoration des Porzellans eine sehr mannigfaltige.

Der farblosen Steingutglasur entspricht die gewöhnliche Glasur für Hartporzellan, die sich allerdings in ihrem Schmelzpunkt wesentlich von den Steingutglasuren unterscheidet. Während letztere gewöhnlich schon bei sehr niederer Temperatur vollständig blank werden, wählt man für die Zusammensetzung der Glasur für Porzellan eine Mischung, die erst bei einer Temperatur, die über Segerkegel 10 liegt, blank wird.

Die Hauptbestandteile der Porzellanglasur sind: Marmormehl, gemahlener Feldspath, geschlämmter quarzfreier Kaolin, gemahlener Sand.

Die Zusammensetzung der Porzellanglasur entspricht der Formel:

$$\left.\begin{matrix} 0.3\,K_2O \\ 0.7\,CaO \end{matrix}\right\} 1.0\,Al_2O_3,\ 10\,SiO_2\ ^*)$$

und für Segerporzellan:

$$\left.\begin{matrix} 0.3\,K_2O \\ 0.7\,CaO \end{matrix}\right\} 0.5\,Al_2O_3,\ 4\,SiO_2,$$

d. h. die Glasur setzt sich zusammen aus:

177 Teilen Marmor,
421 „ Feldspath,
130 „ Zettlitzer Kaolin,
272 „ Sand,

oder bei Anwendung von Sennewitzer Kaolin:

177 Teilen Marmor,
421 „ Feldspath,
192 „ Sennewitzer Kaolin,
210 „ Sand.

In Frankreich benützt man als Porzellanglasur den gemahlenen Pegmatit, oder demselben entsprechend zusammengesetzte Glasuren aus:

*) Segers Ges. Schriften S. 574.

50 Teilen Feldspath,
40 „ Kieselerde,
10 „ Kaolin.*)

In Böhmen werden Glasuren folgender Zusammensetzung angewandt:

	I.	II.	III.
Kaolin:	9.5	7	8
Gebrannter Quarz:	34.5	32	27
Glühscherben:	—	5	16.5
Glattscherben:	11.5	8	—
Kalkstein:	12	11	16.5
Feldspath:	32.5	37	32.

Eine reine Kalk-Porzellanglasur besteht aus:
375 Teilen Zettlitzer Kaolin,
500 „ gebranntem Quarz,
125 „ Kalkstein.

Eine frühere Berliner Glasur setzte sich zusammen aus:
30 Teilen Erde von Morl,
44 „ Sand,
12.5 „ Glattscherben,
13.5 „ todtgebranntem Gips.

Die Porzellanglasuren werden nicht gefrittet, sondern die Mengen sind auf der Glasurmühle fein zu vermahlen. Hat die Glasur den nötigen Feinheitsgrad erreicht, so wird sie auf die verglühten Stücke aufgetragen, wobei die aufgeschlämmte Glasur häufiger aufzurühren ist.

Die Konsistenz der Glasur richtet sich dabei nach dem Grad des Verglühbrandes, und ist dieselbe bei schärfer gebrannten Stücken dickflüssiger, bei schwächer gebrannten dünnflüssiger zu machen. Die glasierten Stücke werden dann verputzt und die überflüssige Glasur hinweggenommen oder den Stellen, die zu wenig Glasurmasse erhalten haben, solche hinzugegeben.

Bei der Verzierung von Seger-Porzellan benutzte Seger**) (auch für das Hartporzellan) die folgenden gefärbten Glasuren,

*) Tenax S. 170.
**) Segers Ges. Schriften S. 578.

die in ihrer Zusammensetzung der Kegelmasse 4 gleichkommen.

Es hatten diese Glasuren folgende Zusammensetzung:

1. Dunkelblaue Glasur:	Cobaltoxyd:	3	Prozent
	Marmor:	14.1	„
	Feldspath:	42.1	„
	Quarzsand:	27.2	„
	Zettlitzer Kaolin:	13.0	„

Für ein helles Blau werden 0.5 Prozent Cobaltoxyd hinzugesetzt.

2. Dunkle Seladonglasur:	Kupferoxyd:	2	Prozent
	Marmor:	15.2	„
	Feldspath:	42.1	„
	Quarzsand:	27.2	„
	Zettlitzer Kaolin:	13.0	„

Für helles Seladon wurden 0.5 Prozent Kupferoxyd angewandt.

3. Dunkelbraune Glasur:	Nickeloxyd:	2	Prozent
	Marmor:	15.2	„
	Feldspath:	42.1	„
	Quarzsand:	27.2	„
	Zettlitzer Kaolin:	13.0	„
4. Gelbbraune Glasur:	Eisenoxyd:	2	Prozent
	Marmor:	17.7	„
	Feldspath:	42.1	„
	Quarzsand:	30.9	„
	Zettlitzer Kaolin:	5.0	„
5. Violettbraune Glasur:	Manganoxyd =	5	Prozent
	Marmor =	17.7	„
	Feldspath =	42.1	„
	Quarzsand =	31.2	„
	Zettlitzer Kaolin =	4.6	„
6. Grüne Glasur:	Chromoxyd =	1	Prozent
	Marmor =	17.7	„
	Feldspath =	42.1	„
	Quarzsand =	28.0	„
	Zettlitzer Kaolin =	11.3	„

7. Gelbe Glasur:	Uranoxyd	= 5	Prozent
	Marmor	= 17.7	„
	Feldspath	= 42.1	„
	Quarzsand	= 29.3	„
	Zettlitzer Kaolin	= 8.5	„
8. Dunkelrote Glasur:	Pink I	= 10	Prozent
	Weiße Porzellanglasur	= 90	„
9. Rosa-Glasur:	Pink II	= 6	Prozent
	Weiße Porzellanglasur	= 94	„

Die Pinkkörper wurden dargestellt aus:

Pink I = 50 Prozent geglühtes Zinnoxyd,
25 „ Marmor,
18 „ Quarz,
3 „ doppeltchromsaures Kali,
4 „ Borax.

Pink II = 50 Prozent Zinnoxyd,
36 „ Marmor,
4 „ doppeltchromsaures Kali.

10. Dunkelrote, chinesische Glasur:

Weiße Porzellanglasur	= 75.00	Teile
Kupferoxyd	= 0.15	„
Zinnoxyd	= 1.00	„
Eisenoxyd	= 0.5	„

Barytglasur: 0.5 Na_2O, 0.5 BaO } 2.5 SiO_2, 0.5 Bo_2O_3, = 23.35 Teile.

11. Hellrote, chinesische Glasur:

Weiße Porzellanglasur	= 70	Teile
Zettlitzer Kaolin	= 5	„
Kupferoxyd	= 0.5—1	„
Zinnoxyd	= 2	„

Barytglasur: 0.5 Na_2O, 0.5 BaO } 2.5 SiO_2, 0.5 Bo_2O_3 = 22 Teile.

12. Blauirisierende chinesische Glasur:

Weiße Porzellanglasur	= 70	Teile,
Zettlitzer Kaolin	= 5	„

Kupferoxyd = 1 Teile,
Zinnoxyd = 2 „
Eisenoxyd = 1 „
Barytglasur: $\left.\begin{matrix}0.5\,Na_2O\\0.5\,BaO\end{matrix}\right\}$ $2.5\,SiO_2,\ 0.5\,Bo_2O_3 = 22$ Teile.

Im Gegensatz zu den früheren Glasuren werden diese eingefrittet und zwar im reduzierenden, rauchenden Feuer.

Als Dekoration unter der Glasur werden fast dieselben Glasuren benutzt, wie solche bei der Dekorierung des Steingutes angegeben sind, nur setzt man den Farben in der Regel noch 33 1/3 Prozent Porzellanmasse hinzu, um sie für das Aufstreichen handlicher zu machen, ohne daß die Tönung merklich dadurch beeinträchtigt wird.

Der hohen Brenntemperatur wegen sind jedoch nicht alle beim Steingut angegebenen Farben für die Porzellan-Dekoration zu gebrauchen.

Nicht zu verwenden ist:

1. Das Maulbeerbraun,
2. das hellgelbgrün (aus chroms. Baryt, Marmor und Borsäure),
3. die Fliederfarben,
4. die durch Eisenoxyd rot gefärbten Farben,
5. die gelben Farben mit Titansäure und Antimonoxyd.

Für die Porzellan-Scharffeuerfarben sind am besten die Oxyde des Cobalts, Chroms, des Urans, Cobalt- und Manganoxyd und Platinchlorid.*)

Als Unterglasurfarbe für rot empfiehlt Seger eine Mischung von:

Kupferoxyd = 7.5 Teile,
Zinnoxyd = 10.0 „
Barytglasur: $\left.\begin{matrix}0\,5\ Na_2O\\0.5\ BaO\end{matrix}\right\}$ $2.5\ SiO_2,\ 0.5\ Bo_2O_3 = 82.5$ Teile.

Die Mengen werden im reduzierenden Feuer eingefrittet.

Zu bemerken ist hierbei, daß mit der reduzierenden Wirkung der Feuergase nicht eher aufgehört werden darf beim Ein-

*) Hermann, Glas-, Porzellan- und Emailmalerei.

brennen des Rotes, als bis die darüberliegende Glasur in Fluß geraten ist. Für diesen Fall ist es zweckmäßig, dieselbe ziemlich leichtflüssig zu nehmen.

Mit dem Rot gleichzeitig eingebrannt können nur in der reduzierenden Atmosphäre die schwarzen, blauen und grünen Farbtöne werden. Alle anderen Farben kann man gleichzeitig mit rot nicht aufbrennen.

Die auf dem verglühten Scherben aufgetragene Malerei mit Unterglasurfarben muß natürlich vor dem Glasieren nochmals verglüht werden, um das den Farben beigemischte Bindemittel (Terpentinöl oder Glyzerin) zu zerstören.

Diese Unterglasurfarben werden gewöhnlich mit einer farblosen Glasur überzogen, doch wendet man auch farbige Glasuren als Überzug an. Ist dieses der Fall, so ist ein Probebrand sehr anzuempfehlen, wenn man nicht Färbungen ausgesetzt sein will, an die man nicht gedacht und die erst durch Wirkung der Unterglasur auf den farbigen Überzug oder umgekehrt entstanden sind.

Zur Malerei zwischen zwei Glasurschichten empfiehlt Seger*) eine Glasur folgender Zusammensetzung:

Quarzsand	= 26.3
Marmor	= 17.1
Krystall. Borax	= 24.6
Borsäurehydrat	= 27.2
	95.2 = 64 geschmolzene Fritte.

Zu dieser kommen dann noch 33 Zettlitzer Kaolin.

Die Glasur wird mit Terpentinöl auf die Porzellanglasur aufgemalt, bei Segerkegel 010 bis 05 aufgebrannt. In derselben Weise kann man auch die Steingutfarben verwenden, die mit einer leichtflüssigen Steingutglasur versetzt werden. Diese Malereien werden dann mit Porzellanglasur überzogen und schwimmen dieselben gewissermaßen zwischen zwei Glasurschichten.

Zur Malerei auf der Glasur werden beim Steingut und Porzellan dieselben Farben wie zu den Unterglasuren verwandt,

*) Segers Ges. Schriften S. 594.

nur daß dieselben mit einer leichtflüssigeren Fritte bereitet werden, die hauptsächlich aus Blei und Sand oder Borsäure und Sand bestehen.

Die Flüsse, die am meisten zur Verwendung kommen, sind:*)

Bleifluß: 75—80 Mennige,
25—20 Sand.

Graufluß: 66 Mennige, 22 Sand, 11 wasserfreien Borax. oder: 60 Mennige, 15 Sand, 25 kryst. Borax.

Karminfluß: 11 Mennige, 33 Sand, 55 entwässerter Borax.

Purpurfluß: 37.5 Mennige, 12.5 Sand, 50.0 kryst. Borsäure.

Violettfluß: 67.5 Mennige, 5.0 Kieselerde, 27.5 kryst. Borsäure.

Grünfluß: 73 Mennige, 18 Sand, 9 kryst. Borsäure. oder: 70 Mennige, 10 Kieselerde, 20 kryst. Borsäure.

Fluß für Wassergrün, Türkisblau etc.: 35 Mennige, 65 kryst. Borsäure.

Je nach der gewünschten Farbe wird diesen Flüssen das betreffende Oxyd in größerer oder geringerer Menge hinzugesetzt und entstehen dann die sogenannten weichen Muffelfarben, die bei niederer Temperatur aufgebrannt werden. Die harten, höher schmelzenden Muffelfarben werden aus den weichen durch Erhöhung des Zusatzes der Oxyde hergestellt.**)

Die Emaille-Farben werden ebenfalls auch zur Dekorierung von Hartporzellan angewendet. Dabei unterscheidet man durchsichtiges und opakes Emaille, die beide durch die verschiedensten Oxyde gefärbt werden können.

---

*) Tenax S. 205.

**) Hermann, *Glas-*, Porzellan- und Emaillemalerei.

Das durchsichtige Emaille besteht aus: Quarz, Borax und Mennige in dem ungefähren Verhältnis von 1:0.5:2.

Zur opaken Emaille gebraucht man Ascher oder Calcine, das hergestellt wird aus: 1 Teil Zinnoxyd und 3—4 Teilen Bleioxyd. Zur Herstellung der eigentlichen opaken Emaille kommen dann auf 45 Prozent Calcine noch 2 Mennige, 5 Seesalz, 3 Soda und 45 Quarzsand.

Außer den farbigen Verzierungen benutzt man auch auf Porzellan und Steingut metallische Dekorationen und werden die Metalle Gold, Platin und Silber angewandt. Diese kann man erstens so anwenden, daß sie durch das Brennen auf der Oberfläche der Gefäße haften und durch Polieren Metallglanz bekommen oder daß sie metallglänzend aus dem Ofen kommen.*)

Die ersteren Präparate heißen Metalle, die letzteren nennt man Lüster.

Die Metalle werden aus ihren Lösungen durch Reduktion als feine Pulver gefällt und mit Kienruß vermischt, mittelst Pinsel auf den Scherben gebracht.

Die Lüsterfarben sind dünne metallische Ueberzüge, die auf Porzellan, Steingut, Fayence und Ofenkacheln angewandt werden.

Man unterscheidet farblose, gefärbte und Kombinations-Lüster.**)

Farblose Lüster lassen die Farbe der Unterlage irisierend erscheinen und bedingen den Glanz derselben.

Am meisten gebräuchlich sind folgende:

a) Wismutlüster: Diese wird hergestellt durch Eintragen von 10 Teilen kryst. salpetersaurem Wismutoxyd in 30 Teilen geschmolzenes Kolophonium und Auflösen der Masse in 75 Teilen Lavendelöl oder Schwefelkohlenstoff.

b) Bleilüster: Derselbe wird auf dieselbe Weise hergestellt, nur daß statt Wismutoxyd Bleioxyd genommen wird.

c) Zinklüster: Durch Zusammenschmelzen von 1 Teil essigsaurem Zinkoxyd mit $2^1/_2$ Teilen Kolophonium und Auflösen in Lavendelöl erhalten.

---

*) Kerl, Thonw.-Ind. S. 509.

**) Wagners Jahresberichte: 3, 207; 4, 251; 6, 304; 13, 386 etc.

d) Thonerde-Lüster: Hergestellt durch Fällen von 4.75 gr Alaun, in Wasser gelöst, mit 300 cbcm $^1/_{10}$ Natronseifenlösung, Thonerde-Harzseife und Lösen in Lavendelöl.

Gefärbte Lüster decken die Farbe des Gegenstandes, auf welchen sie aufgetragen sind, mehr oder weniger, und unterscheidet man:

a) Eisenlüster: Hergestellt aus Eisenchloridlösung mit Normalseifenlösung; nach dem Aufkochen und Filtrieren wird der getrocknete Niederschlag in Lavendelöl gelöst.

b) Uranlüster: Salpetersaures Uranoxyd wird durch Ammoniak gefällt. Der Niederschlag in Essigsäure gelöst, eingedampft und das restierende Salz mit 3 Teilen Harz zusammen geschmolzen und in Lavendelöl gelöst.

c) Perlmutterlüster:*)

10	salpetersaures Uranoxyd	oder 10 Teile,
30	Colophonium	30,
70	Terpentinöl	40—60 Lavendelöl.

d) Manganlüster: Schwefelsaures Manganoxydulkali wird mit Seifenlösung gefällt und der Niederschlag in Lavendelöl gelöst.

e) Kupferlüster: Aus harzsaurem Kupferoxydul dargestellt.

f) Nickellüster: Aus Harz und essigsaurem Nickeloxyd und Lösen in Lavendelöl.

g) Cadmiumlüster: Salpetersaures Cadmiumoxyd wird durch Harzseife gefällt und in Lavendelöl gelöst.

h) Cobaltlüster: aus schwefelsaurem Cobaltoxyd-Kali mit $^1/_{10}$ Normalseifenlösung. Dieser giebt keinen blauen, sondern schwarzbraunen Überzug.

i) Chromlüster: entsteht durch Fällen von Chromalaunlösung durch 3 aequ. Seifenlösung.

Die Kombinationslüster werden durch Mischen von Metallen oder Oxyden hergestellt; dieselben haben einen höheren Glanz und besondere Reflexe.**)

---

*) Hermann, Porzellan-, Glas- und Emaillemalerei.

**) Kerl, Thonw.-Industrie, 713.

a) Glanzgoldfarben: aus Wismutlüster und Glanzgold hergestellt; man erhält je nach den Verhältnissen der Metalle verschiedene Farbenreflexe.

b) Cantharidenlüster ist gelber Lüster, der auf blaues Geschirr aufgetragen ist. Derselbe wird dargestellt aus Bleiglasur mit Wismutoxyd und Chlorsilber.

c) Burgoslüster wird hergestellt durch Schmelzen von Gold, Schwefel und Pottasche oder Gold und Schwefelleber zusammen. Die in Wasser gelöste Masse wird mit verdünnter Säure versetzt und das gefällte Schwefelgold, welches man auswäscht, mit fetter Lavendelölessenz zu einem dicken Syrup vermischt.

Zur Verwendung auf Porzellan wird derselbe mit einer geringen Menge Metallfluß abgerieben und möglichst dünn aufgetragen.

d) Wismutoxyd-Chromoxydlüster. Bei 5 Wismut auf 1 Chrom erhält man eine citronen- bis schwefelgelbe Farbe.

e) Bleioxyd-Chromoxydlüster. Gleiche Teile geben orange.

f) Zinkoxyd-Cobaltoxyd- und Thonerde-Cobaltoxydlüster geben grüne und blaue Farben.

Lüster der edlen Metalle: Gold, Platin und Silber entstehen dadurch, daß man sich zunächst Salze dieser Metalle herstellt. Die Lösung des Goldchlorides wird mit Ammoniak gefällt und das entstehende Knallgold noch feucht mit Terpentinöl gemischt.

Zur Herstellung des Platinlüsters wird die Platinchloridlösung mit Lavendelöl vermischt und mittelst Pinsel aufgetragen.

Silberlüster entsteht durch Verreiben von Chlorsilber mit Lavendelöl.

Durch mechanische Mittel, wie Aufdruck und Umdruck, können Verzierungen beim Porzellan in derselben Weise, wie beim Steingut erwähnt, hervorgebracht werden.

Das Einbrennen der Farben erfolgt bei den Scharffeuerfarben bei derselben Temperatur, bei welcher die Porzellanglasur eingebrannt wird.

Die Unterglasurfarben bei Hartporzellan müssen ebenfalls dem Porzellanfeuer widerstehen, während die Aufglasurfarben bei niederer Temperatur gewöhnlich im Muffelofen eingebrannt werden, ebenso wie die Porzellan- und Schmelzfarben und Lüster.

Die Glasuren des englischen Knochenporzellans sind dieselben, wie solche zur Verzierung des Steigutes angewandt werden. Sie bestehen also im wesentlichen ebenfalls aus Mennige, Borax, Kieselsäure, Feldspath, Kreide, Kaolin, Pottasche, Soda etc.

Das glasierte Knochenporzellan wird, wenn es nicht mit Unterglasurfarben verziert ist, mit Schmelz-, Emaille- und Scharffeuerfarben, sowie mit Gold- und Lüsterfarben dekoriert.

Die Glasur des weichen, französischen Frittenporzellans ist gewöhnlich eine Bleiglasur, ähnlich den Steingutglasuren. Die gefrittete Glasur wird feinst gemahlen und mit Klebemitteln versetzt, um das Haften an den dichtgebrannten Scherben zu bewirken. Die einem zweiten Brande ausgesetzte glasierte Masse wird niederer als beim Biskuitbrande erhitzt, doch so, daß die Massen wiederum erweichen.

Bei dem weichen Frittenporzellan lassen sich, wie beim Steingut, alle Arten von Dekorationen anwenden.

Die beim Porzellan hauptsächlich beobachteten Glasurfehler sind im allgemeinen Teil besprochen worden und dürften die Ursachen des Mißlingens hauptsächlich in den früher angegebenen Gründen zu suchen sein.

An dieser Stelle soll jedoch noch das Abspringen und Abblättern der Farben erwähnt werden. Dieses wird jedoch nie eintreten, wenn die Farben vorsichtig in einer dünnen Schicht und gleichmäßig aufgetragen werden.

Um dünne Farbschichten anwenden zu können, müssen für alle Schattierungen und Abstufungen des Tones bestimmte Farben gebraucht werden. Die Tiefe der Tönung muß also durch entsprechende Farben und nicht durch erhöhte Dicke der Farbschicht hervorgebracht werden. Wird dieses nicht beobachtet, so hat man unter dem Abspringen und Abblättern der Farben zu leiden.

Die Glasur ist den betreffenden Unterglasurfarben stets anzupassen, d. h. sind letztere leicht schmelzende Farben für Steingut, so darf die darüber gelegte Glasur keinen hohen Schmelzpunkt haben, denn in diesem Falle würden die unter der Glasur sich befindenden Farben zerstört werden.

Als Unterglasurfarben für Porzellan giebt Seger daher stets ein Vermischen der Farben mit $33^1/_3$ Prozent Porzellanmasse an, um diese widerstandsfähiger zu machen gegen die höhere Temperatur, die beim Aufbrennen der Glasur nötig wird.

Die Dekorationsmittel über der Glasur:

Die Porzellanfarben und Emaillefarben müssen sich sowie die Lüster in ihrer Zusammensetzung nach der Glasur richten, auf die sie aufgetragen werden; dieselben müssen leichter schmelzen als die Glasur, die ihnen als Unterlage dient, und enthalten demnach mehr Flußmittel.

Feine Porzellanwaren müssen oft 4 und mehr Bränden ausgesetzt werden, wobei man in der Regel das Prinzip verfolgt, daß zunächst die schwerschmelzbaren Farben und Glasuren aufgetragen und eingebrannt werden, um schließlich die leichtest schmelzenden Farben und Lüster auf dem bemalten Scherben zu befestigen.

Die Porzellanglasur wird selten haarrissig. Ist dieses doch der Fall, so ist die Ursache in einem zu schwachen oder zu starken Brande zu suchen.*)

In China werden Porzellane hergestellt, die eine stark haarrissige Glasur tragen. Man nennt diese Craquelé-Glasuren, welche in Europa nachgeahmt werden.

Durch zu starkes Feuer werden die Glasuren eierschalig und rauh, auch hieran ist nach Seger**) die Leitung des Brennprozesses schuld, besonders dann, wenn während des Frittens der Glasur die Atmosphäre eine schwach reduzierende ist.

Bei stark reduzierendem Feuer ist der Reductionsprozeß rasch beendet, wobei der sich abscheidende Ruß sich in die

*) Dammer, Chem. Technologie.

**) Sprechsaal 1890, 24, 321.

Glasur setzt und diese verhindert, glatt zusammen zu fließen. Es können also die sich entwickelnden Gase Co_2, So_2, glatt austreten, während bei schwach reduzierender Flamme sich keine Kohlepartikelchen absetzen werden, die Glasur also zusammenfließen kann, ohne daß die Gase vollständig entwichen sind.

In diesem Falle sind zahllose kleine Bläschen dicht neben einander gelagert, die mit der Glasurschicht überdeckt sind. Infolgedessen sieht diese eierschalig rauh aus.

Es empfiehlt sich also bei der Porzellanglasur stets eine gewisse Zeit möglichst stark reduzierend zu brennen.

Anhang.

Über Prüfungen der gebrannten Waren.

Diese erstreckt sich auf:

1. Beschaffenheit der Oberfläche,
2. Härtegrad,
3. spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Wasseraufnahmefähigkeit.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal eines Bausteines ist die Beschaffenheit seiner Oberfläche und seines Bruchgefüges.*)

Vor jeder eingehenden Prüfung wird die Art des zu prüfenden Materials, der Grad des Brandes, die Form, Farbe und Beschaffenheit der Ober- und Bruchfläche genau bezeichnet. Der Härtegrad wird bestimmt unter Zugrundelegung der Mohs'schen Skala: 1 Talk, 2 Gips, 3 Kalkspath, 4 Flußspath, 5 Apatit, 6 Feldspath, 7 Quarz, 8 Topas, 9 Korund, 10 Diamant.

In der mechanisch-technischen Versuchs-Station zu Charlottenburg wird die Porosität der gebrannten Steine, sowie der Dichtigkeitsgrad derselben mit Hilfe von spez. Gewicht und Raumgewicht ermittelt.

Dabei bezeichnet:

G das Gewicht eines Körpers in der Luft festgestellt,
G' das Gewicht eines Körpers im Wasser.

Ferner entsprechend:

Gt das Gewicht in lufttrockenem Zustande,
Gp und G'p die Gewichte eines Körpers mit Paraffinumhüllung,
Gw und G'w die Gewichte im wassersatten Zustande,
Ig den aus den Gewichtsermittelungen erhaltenen Inhalt des Körpers,
Sm den aus Messungen bestimmten Inhalt eines Körpers (durch Maß- oder Raummesser).

*) Thonindustrie-Ztg. No. 22 Jahrg. 96.

Es ist also:

$$Ig = Gw - G'w \text{ oder } Gp - \left(G'p + \frac{Gp - Gt}{0.93}\right),$$

wobei 0.93 das spez. Gewicht des verwandten Paraffins ist.
s bezeichnet das spez. Gewicht des gepulverten Körpers,
r das Raumgewicht des Körpers.

Das Pulver von einer Korngröße zwischen den Sieben 900 und 5000 Maschen pro Quadratcentimeter wird bei 100 bis 110° C. getrocknet und zur spez. Gewichtsbestimmung in den Schumann'schen Volumenometer oder in den Raummesser von Dr. Erdmenger und Mann gethan.

Der Quotient aus dem Gewicht des trocknen Materials und seinem Rauminhalte ergiebt das spez. Gewicht des lückenlosen Steinmaterials $s = \frac{Gt}{Im}$.

Das Raumgewicht wird an Materialstücken von gleicher Größe bestimmt, die bei 110° C getrocknet werden. Im weiteren wird dann das Wassersättigungsverfahren oder seltener das der Paraffinumhüllung eingeschlagen. Nach beiden Verfahren berechnet sich das Raumgewicht wie folgt:

a) Wassersättigungsmethode:

$$rt = \frac{Gt}{Gw - G'w} \text{ oder } \left[r_1 = \frac{Gl}{Gw - G'w}\right].$$

b) Paraffinumhüllungsmethode:

$$rt = \frac{Gt}{Gp - \left[G'p + \frac{Gp - Gt}{0.93}\right]}$$

oder:

$$\left(r_1 = \frac{Gl}{G'p - \left[G'p + \frac{Gp - Gl}{0.93}\right]}\right).$$

Die Umhüllung der Steinstücke geschieht mittelst Paraffin in geschmolzenem Zustande.

Der Quotient aus Raumgewicht und spez. Gewicht stellt den Dichtigkeitsgrad des Steines dar, d. h. den Anteil der festen Masse an dem Gesamtinhalte. Je mehr sich dieser

Quotient der Ziffer 1 nähert, desto dichter ist das Material. Der Grad der Dichtigkeit wird ausgedrückt durch:

$$dt = \frac{rt}{s} \text{ und } \left[dl = \frac{rl}{s}\right],$$

der Grad der Porosität würde sein:

$$ut + 1 = \frac{rt}{s} \text{ und } \left[ul = 1 - \frac{rl}{s}\right].$$

Daneben läßt sich die Dichtigkeit resp. Undichtigkeit durch die Bestimmung der Wasseraufnahme ganzer Stücke feststellen.

Hierbei werden die zur Prüfung eintreffenden Materialien gewogen, bei 50—60° C getrocknet und wieder gewogen. Alsdann kommen die Stücke in Wasser, worin sie bis 150 Stunden verbleiben.

Die Wasseraufnahme wird bezogen in der Regel auf die Raumeinheit:

$$w = (Gw - Gt)\frac{rt}{Gt} \text{ und } \left[wl = (Gw - Gl)\frac{rt}{Gt}\right].$$

Die scheinbare Dichtigkeit drückt sich aus durch:

$$dw = \frac{rw}{s} = \frac{Gw}{Gw - G'w} \cdot \frac{1}{s}$$

und die scheinbare Undichtigkeit durch:

$$uw = 1 - \frac{rw}{s} = 1 - \frac{Gw}{Gw - G'w} \cdot \frac{1}{s}.$$

Der Sättigungsgrad des Stückes ist dann:

$$s = \frac{uw}{u}.$$

Gewöhnlich wird die Dichtigkeit resp. Porosität, sowie das Volumen gebrannter Körper mit Hilfe von Segers Apparat bestimmt.

Dieser (Figur 15) besteht aus einer Glasflasche A von etwa 3 l Inhalt, welche seitlich am Boden einen Hahn und darüber einen Ansatz hat, welcher mit einer in Cubikcentimeter geteilten Maßröhre a in Verbindung steht. Der Hals c der Flasche ist 5—6 cm weit und dient zum Einbringen der Proben: derselbe ist mit einem eingeschliffenen Glasstopfen verschließbar. Dieser Stöpsel ist durchbohrt und in demselben ein dünnes,

oben in ein offenes Gefäß auslaufendes Glasrohr b eingelassen. Auf diesem Rohr ist in gleichem Niveau mit dem Nullpunkt des Maßrohres a ein Strich eingeätzt.

Auf das obere Ende des Maßrohres, dessen dünner Ansatz umgebogen ist, ist ein Gummischlauch aufgezogen.

Der Apparat wird bis zu den Marken mit ausgekochtem Wasser oder Petroleum (bei ungebrannten Körpern) gefüllt.

Soll der Apparat benutzt werden, so wird die Flüssigkeit durch Saugen an dem Gummischlauch in das Maßrohr gebracht. Der Hals c wird nun geöffnet und die vorher mit Wasser oder Petroleum getränkte Probe hineingeworfen. Nach Schließung des Halses c wird durch Öffnen des Hahnes am Maßrohr wieder Flüssigkeit in die Flasche gelassen bis diese an der Marke des Rohres b steht. Das verdrängte Flüssigkeitsvolumen findet sich dann in der Maßröhre und wird in Cubikcentimetern abgelesen.

Fig. 15.

Bedeutet V das äußere Volumen, g das Gewicht des eingesogenen Wassers oder Petroleums, s das spez. Gewicht des Petroleums, so ist die Porosität in Volumprozenten ausgedrückt:

$$P = \frac{\frac{G}{s} \cdot 100}{V} \text{ bei Petroleum}$$

oder:

$$P = \frac{g \cdot 100}{V} \text{ bei Wasser.}$$

Gleichzeitig erhält man das spez. Gewicht des Körpers aus:

$$S = \frac{G}{V\left(\frac{100-P}{100}\right)},$$

wobei G das absolute Gewicht des Körpers vor dem Tränken ist.

Die im Freien verwendeten Bausteine werden dann ferner auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Kälte und Wärme geprüft.

Die mit Wasser gesättigten Steine werden einer künstlichen Frostwirkung bei — 15 ° C 24mal hintereinander ausgesetzt und nach jedem Gefrieren in Wasser aufgeweicht, wobei die Abblätterungen gesammelt und gewogen werden.

Der Einfluß der Wärme wird beobachtet, indem man die betreffenden Materialien einer bestimmten Temperatur aussetzt und in kaltes Wasser oder an die Luft bringt, je nach dem Zweck, welchem die betreffenden Materialien dienen sollen.

Es ist dann zu beobachten, welche äußeren Schädigungen die Stücke erleiden oder wie viel sie an ihrer ursprünglichen Druck- oder Biegefestigkeit eingebüßt haben.

Die löslichen Bestandteile in den Materialien, welche den Stein verfärben oder allmählich zerstören, werden auf folgende Weise bestimmt. Nach Herstellung einer guten Durchschnittsprobe werden die Stücke durch ein Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter gemahlen und je 100 gr zur weiteren Bestimmung benutzt.

Dabei verfährt man genau so wie bei der Bestimmung der Schwefelsäure resp. des Gipses in den Rohthonen, wie früher angegeben, da ja die löslichen Anteile zum größten Teil aus schwefelsauren Salzen bestehen. Beim Auskochen der gepulverten Massen setzt man jedoch keine Salzsäure hinzu, sondern benutzt zur Lösung nur destilliertes Wasser. Da die Massen sich häufig sehr schwer nach dem Einfüllen in den Literkolben absetzen, so giebt man etwas chemisch reinen gelöschten Kalk hinzu, wodurch das Absetzen des feinen Pulvers sehr beschleunigt wird.

Die löslichen Salze können durch Eindampfen der abgezogenen 500 ccm direkt bestimmt werden, oder man bestimmt die Schwefelsäure wie gewöhnlich und rechnet sie auf die

ebenfalls bestimmten Basen des Kalkes, der Magnesia und der Alkalien aus.

Schädliche Beimengungen, die den gebrannten Stein zerstören, werden zweckmäßig — wie bei der Thonuntersuchung erwähnt — an dem ungebrannten Material ermittelt.

Die Prüfung der Bausteine insbesondere Mauersteine erstreckt sich ferner auf die Bestimmung der Druckfestigkeit, die mittelst besonderer Maschinen ausgeführt wird.

Wenn es sich darum handelt, festzustellen, inwieweit eine Steinart einem bestimmten Mörtel oder verschiedenen Mörtelarten geeignete Haftflächen bietet, werden je zwei Steine der Sorte, welche geprüft werden soll, kreuzweise aufeinander gemauert.*)

Nach 7 resp. 28 Tagen werden die Steine mittelst des Frühling-Michaels'schen Zugfestigkeitsapparates auseinander gerissen und die Festigkeit gemessen.

Außerdem wird die Bruchfläche beobachtet und festgestellt, ob der Bruch zwischen Stein und Mörtel erfolgt ist, oder ob aus dem Stein schalenförmige Stücke mit herausgerissen worden sind.

Bei praktischer Verwendung von Verblendsteinen, Pflasterklinkern, Trottoirplatten, Fliesen etc. kann eine Beanspruchung auf Biegung dann eintreten, wenn die Verblender ausgekratzt, beziehungsweise Pflastersteine und Platten schlecht verlegt sind.

Die Ermittelung der Biegefestigkeit geschieht in der Weise, daß die Körper in der Mitte belastet werden, nachdem sie auf zwei prismatische Stahlstücke gelegt worden sind. Die Druckinanspruchnahme in der Mitte wird durch einen eisernen Rundstab auf den Ziegel übertragen.

Steine, die zu Pflasterungen verwandt werden, werden einer Prüfung auf Abnutzbarkeit unterworfen. Der zu prüfende Körper wird auf der Steinsäge zu 50 Quadratcentimeter Abnutzungsfläche geschnitten und die Fläche, die geprüft werden soll, mit Schmirgel glatt und eben gerieben und in die Maschine zur Prüfung der Abnutzbarkeit eingespannt.

---

*) Thonindustrie-Zeitg. No. 27 Jahrg. 1896.

Diese von Bauschinger eingeführte Maschine besteht aus einer horizontalen, rotierenden Gußeisenscheibe von 75 Centimeter Durchmesser, die in der Minute 30 Umgänge macht. Auf diese Scheibe wird der durch eine Klaue gehaltene Probekörper mit 30 kg Belastung, d. h. also mit einem Druck von 0.6 kg pro Quadratcentimeter aufgepreßt und unten abgeschliffen.

Dabei hat der Körper einen Weg von 608 m (440 Umdrehungen bei 22 cm mittlerem Halbmesser der schleifenden Fläche) zu machen. Die Geschwindigkeit der Scheibe beträgt 0.69 m pro Sekunde (30 Umdrehungen in der Minute). Nachdem die Scheibe mit 20 gr Naxosschmirgel Nr. 3 beschüttet ist und 22 mal gedreht ist, wird der Schmirgel und das abgeschliffene Steinpulver entfernt und von neuem dieselbe Menge Schmirgel aufgegeben. Dieses wird 5 mal wiederholt, worauf der Gewichtsverlust des geschliffenen Körpers festgestellt wird. Dasselbe geschieht nach 220, 330, 440 Umdrehungen. Aus der größeren oder geringeren Übereinstimmung der in Grammen ausgedrückten Gewichtsverlusten des Körpers ist die größere oder geringere Homogenität, die größere oder geringere Härte der äußeren oder der inneren Teile des Körpers zu ersehen.

Die Summe der durch das Gewicht festgestellten Zahlen wird durch das Raumgewicht r des Prüfungskörpers dividiert und ergiebt dann die gesamte Abnutzung des Körpers in Cubikcentimetern.

Halbe Steine und Riemchen werden nur auf Druckfestigkeit untersucht. Die Nuten werden dabei mit Portlandcement abgeglichen.

Dachziegel werden außer in der vorhin beschriebenen Weise auf Biegung in verschiedenen Zuständen, lufttrocken, getrocknet, wassersatt und nach Frostbeanspruchung im trocknen oder nassen Zustande geprüft.

Hierbei ist auf die Abmessungen und die Form der Ziegel besonders Rücksicht zu nehmen.

Als Ergebnis wird die Bruchbelastung im Mittel von 10 Versuchen angegeben, bei der der Ziegel seinen Zusammenhang aufgiebt.

Vor der Prüfung werden die Ziegel auf der Unterseite an beiden Enden, auf der Oberseite in der Mitte mit einer 1 cm breiten Cementschicht versehen, um diesen eine gleichmäßige Auflage an den Stützpunkten zu geben.

Ferner werden die Dachziegel auf Wasseraufsaugevermögen und Wasserdurchlässigkeit geprüft.

Dieses geschieht auf folgende Weise:

Scherbenstücke von etwa 100 mm im Quadrat werden getrocknet und an den Bruchflächen mit Wachs oder Paraffin gedichtet; auf die Oberflächen von 5 wagerecht gelagerten Scherbenstücken werden cylindrische mit Teilstrichen versehene Glasröhren mit 35 mm leichtem Durchmesser wasserdicht aufgekittet und mit Wasser gefüllt.

Nun beobachtet man, in wie langer Zeit eine bestimmte Menge Wasser in den Ziegel einzieht und innerhalb welcher Zeit an der Unterseite des Scherbens ein Durchsickern beobachtet wird.

Im allgemeinen wird das Eindringen des Wassers nach 1, 2, 3, 4, 5 und 24 Stunden beobachtet und die Wassermengen, die in dieser Zeit eingedrungen sind, festgestellt.

In der neueren Zeit werden die Dachziegel wie die Trottoirplatten etc. auch auf Stoßfestigkeit untersucht. Diese wird durch Schlagversuche ermittelt, bei denen ein Fallgewicht von bestimmter Schwere auf die zu prüfenden Stücken aus gemessener Höhe herunter fällt, welche in einem Kasten auf gesiebtem Sand mit der Hand durch Verschieben fest aufgelegt wurden.

In der mechanisch-technischen Versuchsanstalt*) sind drei solcher Fallgewichte im Gebrauch:

1. 1995 gr Gewicht, Krümmungsradius unten 32 mm,
2. 1001 gr „ „ „ 26 „
3. 502 gr „ „ „ 20 „

Der Fallkörper wird zur Einstellung auf eine bestimmte Fallhöhe an einem dünnen Faden aufgehängt, welcher bei ruhig hängendem Gewicht durchschnitten wird.

*) Thonindustrie-Ztg. Nr. 27, Jahrg. 1896.

Tritt nach dem ersten Schlage noch keine Zerstörung ein, so soll die Fallhöhe um 1 bis 5 cm gesteigert werden, bis keine weitere Steigerung mehr nötig ist und der Körper zerstört ist. Die Ergebnisse der Versuche werden so zusammengestellt, daß die Fallhöhe in Meter und hieraus und aus dem Gewicht des Fallkörpers die Arbeit in Meter-Kilogramm für jeden Schlag berechnet und die Anzahl der Schläge angegeben wird.

Die Prüfung der glasierten Waren erstreckt sich zunächst auf die Feststellung der Wetterbeständigkeit. Zu diesem Zwecke werden die glasierten Stücke unter eine Glasglocke gelegt, unter welcher sich eine Schale mit Salzsäure befindet. Nach 24 Stunden wird die Einwirkung der gasförmigen Säure auf die Glasur beobachtet. Nimmt der Glanz der Glasur ab, oder treten bunte Farbenschimmer zu Tage, so ist die Glasur nicht wetterbeständig genug. Absolut nicht wetterbeständige Glasuren überziehen sich sehr bald mit einer weißen Haut, die sich abwischen läßt (Hydrosilicat).

Um zu erfahren, ob die Glasur zum Abblättern neigt, wird die Prüfung auf Stoßfestigkeit vorgenommen. Haftet die Glasur nicht gut, so springt sie bei dieser Probe ab.

Feuerfeste Steine werden außer auf Biege- und Druckfestigkeit auf ihre Feuerbeständigkeit geprüft, und zwar geschieht dieses, wie früher beschrieben, im Deville'schen Ofen mit Hilfe der Seger-Kegel.

Außer diesen angegebenen Prüfungen können je nach der Verwendung der Materialien noch zahlreiche andere Prüfungen vorgenommen werden, so z. B. Ermittelung des Widerstandes gegen Soda und Salpeter, gegen saure und basische Schlacken, Bestimmung der Volumveränderung im Feuer etc.

In vielen Fällen wird der betreffende Ausführer der Prüfungen sich geeignete Methoden, je nach dem Zwecke, selbst schaffen zu müssen in der Lage sein.

Sachregister.

Abbau 5.
Abnutzbarkeit 185.
Abplatzen der Kanten 67.
Accessorien 2.
Achatgefäße 94.
Alkalibestimmung 26.
Altdeutsche Oefen 96.
Analysen 10, 11, 12, 13.
Aescherbereitung 142, 174.
Atmometer 33.
Aufglasurfarben 172.
Bauschingers Apparat 185, 186.
Bauxitsteine 71, 112.
Beguß 123.
Begußmassen 128.
Beispiele für technische Fehler 61.
Bergbau 5.
Beseitigung von Glasurrissen 55.
Biegefestigkeit 185.
Bildsamkeit 6.
Bindevermögen 7, 37.
Biskuitporzellan 76.
Blähungserscheinungen 67.
Bleifreie Glasur 134.
Bleiglasuren 103.
Blindwerden der Glasur 57.
Bolus 15.
Braunkohlenasche 17.
Brennöfen 81.
Brennproben 32.
Bruchbelastung 186, 187.
Caput mortuum 129.
Carrara 76.
Casseler Ofen 81.
Chamotte 16, 87.
Chamottekapsel 98.
Charakterisierung der Rohmaterialien 1.
Chemische Analyse 19.
Chemische Zusammensetzung der Thone 10.
Chlorbarium 44, 45, 61.
Cornishstone 116.
Dachsteinglasur 137.
Dachziegel 70, 82.
Deville'scher Ofen 39.
Dichtbrenntemperatur 35.
Dichtigkeitsgrad 181.
Dinassteine 71, 90, 113.
Drainröhren 70, 79, 111.
Druckfestigkeit 69, 185.
Druckfirniß 162.
Dunkelbraune Engobe 125.
Dunkelrote Engobe 126.
Eigenschaften der Thone 6.
Einsumpfen 78.
Einteilung der Rohmaterialien 13, 15.
Einteilung der Thonwaren 68.
Eisenbestimmung 23.
Eisenflecke 67.
Eisenklinker 74.
Emaillefarben 173, 174.
Engoben 123.
Entglasung 66.
Entglasungserscheinungen 58.
Entstehung der Thone 6.
Erdglasuren 103.
Färbung der gebrannten Thone 8.
Fayence 72, 73, 93, 94, 114, 142.
Fehlerhafte Scherben 118, 120.
Feldspath 18.
Feldziegelofen 81.
Feuerfeste Steine 87, 88, 89, 112, 140.
Feuerschwindung 8.
Flüsse 173.
Flußmittel 10, 42, 103.
Fritte 98, 133, 134.
Frittenporzellan 19.
„ 108, 118.
Frostbeständigkeitsprüfung 184.
Frühling - Michaëlis'scher Zugfestigkeitsapparat 188.
Gelbe Engobe 125.

Gips 18.
Glashafenthon 36.
Glasiertes Porzellan 75.
Glasurbrand 76.
Glasuren für Steingut 98.
Glimmer 2.
Glühverlustbestimmung 24.
Graphittiegel 89, 113, 141.
Haarrisse 54, 55, 56, 66.
Hellbraune Engobe 125.
Hellgrüne „ 125.
Hellrote „ 125.
Hornblende 2.
Hydrolith 74.
Hydrosilicat 188.
Infusorienerde 16.
Jochumscher Apparat 36.
Kacheln 65.
Kalifeldspath 1.
Kalk 2.
Kalkbestimmung 23.
Kaolin 4, 104.
Kettenpumpe 6.
Kieselsäurebestimmung 21.
Klinker 74, 101, 112.
Knochenasche 108.
Knochenporzellan 76.
Knochenporzellanmasse 117.
Kochsalz 66.
Kohle 48.
Kohlensaurer Baryt 61, 62.
„ Kalk 50, 51, 64, 65.
Kühlen 5.
Lehm 3, 15.
Letten 15.
Leuchtgasretorte 113.
Lineare Schwindung 35.
Löß 3.
Lösliche Salze 44.
Lüster 174, 175, 176.
Magerungsmittel 15.
Magnesiabestimmung 13.
Magnesitstein 71, 91.
Majolika 96.
Marienglas 44.
Marmorgeschirre 94.
Massen 110—117.
Mauerziegel 69, 127.
Mechanische Beimengungen 13.
Nymphenburger Porzellan 18.
Ocker 15.
Ockerarten 137.
Oefen 81, 85, 99, 102, 103, 106, 107.
Ofenkacheln 72, 94, 113, 142.
Oldenburger Klinker 74.
Parian 76.
Parian-Biskuit 76.
Parian-Masse 118.
Plastizität 6, 36, 37.
Poröse Steine 79.
Porosität 35.
Porositätsbestimmung 181.
Porzellan 75, 104, 105.
Porzellanerden 4.
Porzellanfarben 108.
Porzellanglasur 106, 107, 167, 168, 169, 177, 178.
Porzellanmasse 116, 122.
Primäre Lagerstätte 13.
„ Thone 3.
Prüfung gebrannter Waren 180.
Quarz 2.
Quarzsteine 113.
Rationelle Analyse 26, 104.
Rauchgase 63.
Reißen der Thone 53.
Ringofen-Dannenberg 84.
„ Hoffmann 81.
Roburit 5.
Salzglasuren 103.
Sand 2.
Sandgehalt im Thon 9.
Schädliche Beimengungen 49.
Schlämmanalyse 27.
Schieferfarbene Glasuren 130, 131.
Schiefriger Thon 3.
Schmelzpunktbestimmung 38.
Schöne'scher Schlämmapparat 28.

Schrühwasser 60.
Schwarze Engobe 125.
Schwefelkies 47, 49, 87.
Schwefelsäure 48, 58, 59, 66.
Schwefelsaurer Kalk 44.
Schwefelsaure Magnesia 44.
Schweflige Säure 48.
Schwerspathglasuren 151, 152, 153.
Schwindung 7, 35.
Secundäre Lagerstätte 13.
„ Thone 2.
Seger-Ofen 33.
„ Porzellan 109.
Segers Volumenometer 182, 183.
Seifenschmiere 163.
Siderolith 74.
Sommern 77.
Spezifisches Gewicht 180, 181.
Sprödigkeit gebrannter Thone 53.
Steingut 73, 74, 96, 97, 114.
Steingutglasur 147, 148, 149, 150.
Steingutmasse 114, 120, 121.
Steinimitationen 94.
Steinkohlenasche 17.
Steinzeug 74, 75, 101, 164, 165.
Steinzeugthon 115.
Stoßfestigkeit 187.
Tagebau 5.
Terracotten 79, 82.
Terralith 74.
Tertiäre Thone 3.
Thonerdebestimmung 23.
Thongewinnung 4.
Thonmergel 3, 15.
Thonschiefer 4.
Thonschluff 15.
Töpfergeschirr 72, 93, 94, 127.
Töpferthon 3, 15.
Töpferwaren 113, 141.
Transparenz 117.
Trockenpressen 78.
Trockenschwindung 8.
Trockensystem 80, 84.
Trocknen 80, 97, 105.
Unglasirtes Porzellan 76.
Ungleichmäßiges Saugen beim Glasiren 53.
Unplastische Substanzen 15.
Unschädlichmachung von Kalk 50.
Unterglasurfarben 155—161, 171, 172, 177.
Ursache technischer Fehler 44.
Vanadin 49.
Verblender 69, 111, 127.
Verfärbungen 49.
Verhalten der Thone gegen Reagentien 9.
Verschrüh-Brand 97.
Verunreinigung der Thone 2.
Verwitterung 1, 2.
Vivianit 48.
Vorkommen des Thones 3.
Walkererde 15.
Wasseraufnahmefähigkeit 119.
Wasseraufsaugevermögen 187.
Wasserdurchlässigkeit 187.
Wedgewood-Geschirr 19, 75, 103.
Weichporzellan 108.
Wetterbeständigkeit 69, 188.
Windräder 6.
Windturbinen 6.
Wintern 77.
Ziegelglasuren 128, 129.
Ziegelherstellung 77.
Ziegelthon 14, 15.
Zusammensetzung:
der Engoben 123
der feuerfesten Waren 112
der Klinkermasse 112
der Ofenkachelmasse 113
der Porzellanmasse 116
der Steingutmasse 114
der Steingutthone 115
der Töpferwaren 113
der Verblenderthone 111
der Ziegelthone 110.

Speziallaboratorium
für Thon- und Chamotte-Industrie.

Dr. M. Stoermer

Berlin SW. 68, Ritterstrasse 43.

Untersuchungsanstalt

für Thon, Lehm, Kalk, Erde, Erze, sowie alle anderen Boden- und Gesteinsarten.

Prüfungsstelle

für Erzeugnisse der Ziegel-, Chamotte-, Cement-, Töpferwaren-, Steinzeug-, Steingut-, Porzellan-, Glas-, Gips- und Kalkindustrie.

Schmelzpunktbestimmungen nach Seger-Kegeln.

Normengemässe Prüfungen

von Gips, Kalk, Cement, Mörtel und Baumaterialien aller Art.

Analysierung von Berg- und Hüttenprodukten.

Untersuchungen von Kesselspeisewasser.

Prüfung und Heizwertbestimmungen von Brennmaterialien.

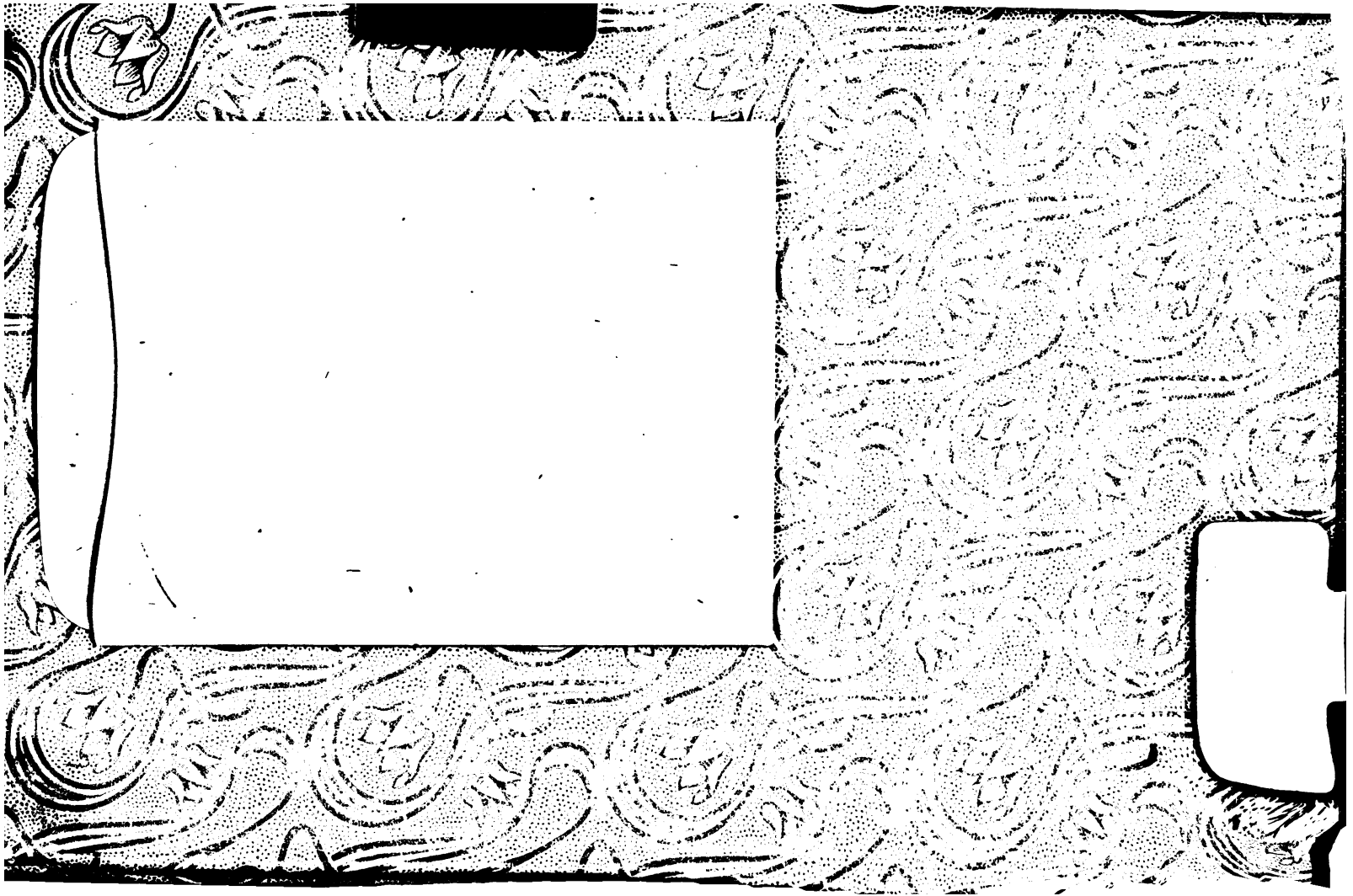
Ermittlungen von Glasuren und Emaillen.

Erteilung fachtechnischer Ratschläge.

Ermittlung und Beseitigung von Fabrikationsfehlern aller Art.

Versuchsöfen. Apparate. Labor.-Utensilien.

Buchdruckerei und Verlagsanstalt Ernst Mauckisch, Freiberg i. S.

8908044546 3

B89080445463A